

ANALÝZA A OPTIMALIZACE DIAGNOSTIKY „HOTTESTU“ VOZIDLOVÉHO MOTORU 1,2 TSI 63/77 KW NA MONTÁŽNÍ LINCE

Anotace

Bakalářská práce se zabývá analýzou a optimalizací diagnostiky Hottestu vozidlového motoru 1,2 TSI na montážní lince. Teoretická část práce pojednává o výrobě motoru ve firmě Škoda Auto a.s. v Mladé Boleslavi a jeho funkční kontrole během výroby na montážní lince. Na základě analýzy současného stavu jsou v praktické části práce navrženy změny v diagnostice Hottestu vedoucí k přesnější identifikaci stavu motoru a posouzeny podmínky jejich zavedení do sériové výroby.

Klíčová slova: výroba motorů, zkoušky motorů, diagnostika, Hottest

ANALYSIS AND OPTIMIZATION OF THE DIAGNOSTIC OF „HOTTEST“ OF VEHICLE ENGINE 1,2 TSI 63/77 KW ON THE ASSEMBLY LINE

Annotation

This Bachelor thesis deals with the analysis and optimization of the diagnostic of Hottest of vehicle engine 1,2 TSI on the assembly line. The theoretical part deals with the production of engine in the Skoda Auto inc. in Mlada Boleslav and its functional control during production on the assembly line. Based on the analysis of the current situation in the practical part of the proposed changes to the Hottest diagnosis leading to more accurate identification of an engine and examined the conditions for their introduction into production.

Key words: production of engines, engine testing, diagnostic, Hottest

| | |
|---------------------------|---|
| Desetinné třídění: | (př. 621.43.01 - Teorie spalovacích motorů) |
| Zpracovatel: | TU v Liberci, Fakulta strojní, Katedra vozidel a motorů |
| Dokončeno : | 2012 |
| Archivní označení zprávy: | |

Prohlášení k využívání výsledků bakalářské práce

Byl jsem seznámen s tím, že na mou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé bakalářské práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li bakalářskou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Bakalářskou práci jsem vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím bakalářské práce a konzultantem.

V Mladé Boleslavi dne

.....
podpis

Poděkování

Rád bych poděkoval vedoucímu bakalářské práce Prof. Ing. Stanislavu Berounovi, CSc. za jeho vedení, cenné připomínky a názory k bakalářské práci. Dále bych chtěl poděkovat konzultantovi Ing. Petru Zahálkovi a dalším zaměstnancům firmy Škoda Auto a.s. za poskytnutí informací a rad při vypracování bakalářské práce.

Seznam pojmů a zkratek

| | |
|---------------|-----------------------------------|
| AGP | Accelerated Graphics Port |
| CPU | Central Processing Unit |
| EFT | End Funktion Test |
| HDD | Hard Disk Drive |
| Hottest | Teplý test dokončeného motoru |
| HTP | High Torque Performance |
| I.O. / N.I.O. | In Ordnung / Nicht In Ordnung |
| JPEG | Joint Photographic Experts Group |
| Kalttest | Studený test polomotoru |
| OHC | OverHead Camshaft |
| RAM | Random Access Memory |
| SVGA | Super Video Graphics Array |
| TSI | Turbocharger Stratified Injection |
| USB | Universal Serial Bus |

Seznam veličin a jednotek

| | | |
|------------------|--------------------------------|------------------------|
| f | frekvence, kmitočet | [Hz] |
| I | elektrický proud | [A] |
| M _t | točivý moment | [Nm] |
| M _u | třecí moment při protáčení | [Nm] |
| n | otáčky | [1/min] |
| p | tlak | [MPa] |
| p _{ztr} | tlaková ztráta v čase (průtok) | [cm ³ /min] |
| P | výkon | [kW] |
| R | elektrický odpor | [Ω] |
| t | teplota | [°C] |
| U | elektrické napětí | [V] |
| W _u | užitečná práce pístu | [J] |
| ε _k | kompresní poměr | [-] |
| η _p | plnicí účinnost | [-] |
| η _m | mechanická účinnost | [-] |
| λ | součinitel přebytku vzduchu | [-] |

Obsah

| | |
|---|----|
| 1 Úvod | 9 |
| 2 Podmínky pro zajištění správné činnosti přeplňovaného zážehového motoru s přímým vstřikováním | 11 |
| 2.1 Životně důležité systémy a funkce motoru | 11 |
| 2.1.1 Plnění a těsnost válce | 11 |
| 2.1.2 Způsob tvorby směsi | 12 |
| 2.2 Mechanické systémy motoru | 15 |
| 2.2.1 Mazací a chladicí soustava | 15 |
| 2.2.2 Rozvodový mechanismus | 15 |
| 2.2.3 Mechanické části elektropříslušenství | 16 |
| 2.2.4 Turbodmychadlo | 16 |
| 3 Výroba motorů ve Škoda Auto | 18 |
| 3.1 Čtyřválcový motor 1,2 TSI | 19 |
| 3.1.1 Základní popis motoru | 19 |
| 3.1.2 Konstrukce motoru | 20 |
| 3.1.3 Přehled systému řízení motoru | 22 |
| 4 Kontrolní systémy výroby motorů ve Škoda Auto | 23 |
| 4.1 Přehled montážních linek | 23 |
| 4.1.1 Předmontáž hlavy válců | 23 |
| 4.1.2 Montážní linka polomotoru Rumpf | 23 |
| 4.1.3 Dokončovací montážní linka ZP4-I | 25 |
| 4.2 Kontrolní pracoviště na montážní lince | 26 |
| 4.2.1 Komerové kontroly | 26 |
| 4.2.2 Kontroly na třecí moment | 27 |
| 4.2.3 Tlakové zkoušky | 27 |
| 4.2.4 EFT test | 28 |
| 4.2.5 Hottest | 31 |

| | | |
|-------|--|----|
| 5 | Technická diagnostika | 33 |
| 5.1 | Požadavky na diagnostiku | 33 |
| 5.2 | Diagnostika PSM | 33 |
| 5.2.1 | Vnitřní diagnostika | 34 |
| 5.2.2 | Vnější diagnostika | 35 |
| 6 | Hottest motoru 1,2 TSI | 36 |
| 6.1 | Analyzované závady motorů na Hottestu | 37 |
| 6.2 | Nedostatky testování motorů na Hottestu | 39 |
| 6.3 | Možnosti optimalizace testování motorů na Hottestu | 39 |
| 7 | Návrh změn v technologii Hottestu | 40 |
| 7.1 | Zkouška zapalování | 40 |
| 7.1.1 | Primární a sekundární okruh zapalování | 40 |
| 7.1.2 | Zapalovací modul motoru 1,2 TSI | 41 |
| 7.1.3 | Měření průběhu napětí na sekundárním vinutí při Hottestu | 42 |
| 7.2 | Zkouška nejdůležitějších snímačů a akčních členů | 43 |
| 7.2.1 | Snímač otáček motoru G28 | 43 |
| 7.2.2 | Snímač polohy vačkové hřídele G40 | 45 |
| 7.2.3 | Snímač klepání 1 G61 | 46 |
| 7.2.4 | Snímač tlaku nasávaného vzduchu G71 se snímačem teploty nasávaného vzduchu G42 | 47 |
| 7.2.5 | Vstřikovací ventily N30, N31, N32, N33 | 48 |
| 8 | Aplikace navrhovaných zkoušek na Hottest | 49 |
| 8.1 | Volba vhodné měřicí techniky | 49 |
| 8.1.1 | Signální rekordér TEXVIK DS | 49 |
| 8.1.2 | Přenosný počítač (Notebook) | 50 |
| 8.1.3 | Příslušenství k signálnímu rekordéru | 50 |
| 8.2 | Příprava navrhovaných zkoušek | 50 |
| 8.3 | Vyhodnocování navrhovaných zkoušek | 52 |
| 8.4 | Volba vhodného umístění měřicí techniky | 53 |
| 8.5 | Časová náročnost navrhovaných zkoušek | 53 |
| 8.6 | Ekonomika projektu | 54 |
| 9 | Zhodnocení navrhovaných změn v technologii Hottestu | 55 |
| 10 | Závěr | 56 |
| | Seznam použité literatury | 57 |

1 Úvod

Pístový spalovací motor (PSM) je v současné době stále nejvýznamnějším zdrojem mechanické energie. Prvotním zdrojem mechanické energie k pohonu motorových vozidel je energie tepelná, kterou získáváme spalováním vhodných paliv chemickou cestou. Jako paliva se používají fosilní hořlavé látky (uhlí, ropa, zemní plyn) těžené ze Země.

PSM mají za sebou bohatou historii zahrnující více než 140 let technického vývoje a výroby. Počátky tepelných strojů sahají až do 17. a 18. století. Skutečný provozuschopný PSM postavil v roce 1860 Lenoir a jeho celková účinnost byla menší než 5%. Na světové výstavě v Paříži v r. 1878 představil Otto ležatý čtyřdobý plynový motor s klikovým mechanismem. Další rozvoj PSM je spojen se snahou o využití kapalných paliv, v roce 1884 předvedl Daimler rychloběžný čtyřdobý benzinový motor. V období 1893 až 1897 vypracoval Diesel řešení čtyřdobého PSM na těžko odpařitelná paliva, jehož pracovní cyklus zajistil výrazné zvýšení celkové účinnosti motoru přes 26%. Celkové účinnosti dnešních PSM se pohybují v rozsahu od 20% do 55%.

Spolehlivost motoru udělala během časů obrovský pokrok. Dnes jsou motory naprosto spolehlivé, což je při jejich obrovské konstrukční složitosti a náročných provozních podmínkách statisticky takřka neuvěřitelné. Motor je jedna z investičně i vývojově nejnáročnějších částí automobilu, přitom je jeho spolehlivost zásadním požadavkem uživatelů. Postupem času se nároky uživatelů začaly měnit. Dnes se klade velký důraz především na nízkou spotřebu paliva, minimalizaci škodlivých látek ve výfukových plynech, nízkou hmotnost, co nejnižší hlučnost a vyšší výkon. Tyto požadavky vedly k tzv. downsizingu, tedy k zmenšování objemu motoru, což při částečných zatíženích příznivě ovlivňuje jak spotřebu, tak i emisní parametry motoru. Vyššího výkonu se přitom dosahuje přeplňováním motoru.

Konstrukce nového motoru přináší další požadavky zejména na snížení třecích a jiných ztrát. Vytvořit nový motor je úkol pro konstruktéry, kteří se musí vyrovnat s mnoha často protichůdnými požadavky celé řady částí, skupin a příslušenství. Dnešní příkaz doby zní všechno znovu odzkoušet! Konečný úspěch spočívá v neustálém přezkušování a zdokonalování každého detailu. Tato činnost nikdy nekončí. Přitom se předpisy dále zpřísňují a stále rostou požadavky zákazníků. Automobil je nejsložitější výrobek spotřebního zboží. Díky jeho rozšíření se naše mobilita v historicky velmi krátké době neuvěřitelně zvýšila. Zásadně k tomu přispěl vývoj PSM.

Výroba motoru je velice složitý proces nejen z hlediska potřebné kvality provedení opracovaných a dodaných dílů, ale i kvality provedení samotné montáže na jednotlivých operacích výrobní linky, a to ať už prováděných automatizovanými stanicemi, či manuálně pracovníky. Proto je v tomto odvětví velice důležitá přísná kontrola všech prováděných operací. Během složité montáže motorů může snadno dojít k chybě. Snahou je proto tyto chyby odhalit a zamezit tak tím výrobě nekvalitního motoru. Proto jsou neustále vyvíjeny metody a postupy, jak zabránit a předcházet těmto příčinám vzniku výroby nekvalitního motoru. [2, 3]

2 Podmínky pro zajištění správné činnosti přeplňovaného zážehového motoru s přímým vstřikováním

2.1 Životně důležité systémy a funkce motoru

Celý pracovní oběh PSM se skládá z několika na sebe navazujících procesů, které jsou spojeny s jednotlivými objemovými změnami ve válci motoru a které podmiňují úspěšnou realizaci celého pracovního oběhu a jsou životně důležité pro zajištění správné funkce motoru.

2.1.1 Plnění a těsnost válce

Plnění válce čerstvou náplní se uskutečňuje využitím tlakového spádu mezi sacím (plnicím) potrubím motoru a válcem motoru. Účinnost naplnění válce čerstvou vzduchovou náplní popisuje tzv. plnicí účinnost η_p . U přeplňovaných motorů se čerstvá náplň přivádí do válce s přetlakem, který vytváří přídavné zařízení. Píst přeplňovaného motoru přitom vykonává užitečnou práci W_u i během plnění válce. Protože je do válce současně přivedeno větší množství čerstvé náplně (větší plnicí tlak než u nepřeplňovaného motoru), bude i užitečný výkon motoru P_e úměrně vyšší hmotnosti této náplně. Ke zvýšení plnicí účinnosti motoru 1,2 TSI se používá způsobu přeplňování turbodmychadlem. Plnicí tlak tak stoupne a zvýší se množství dodávaného vzduchu.

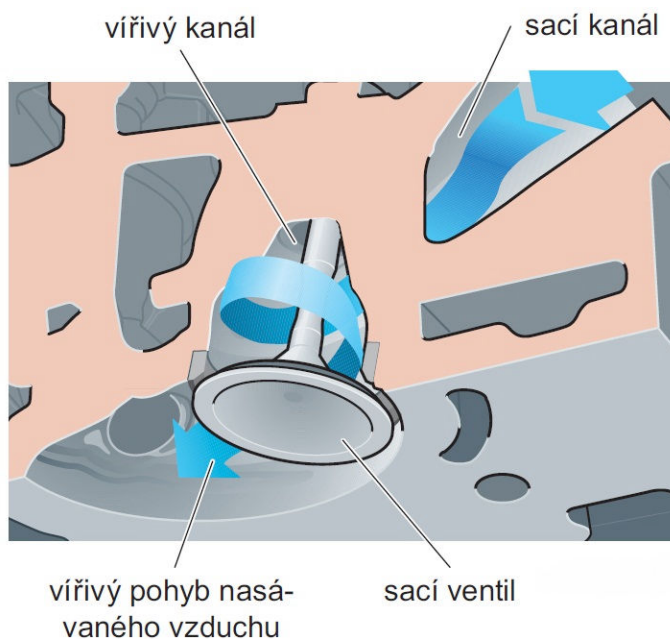
Těsnost spalovacího prostoru není nikdy vzhledem k povaze konstrukce běžného spalovacího motoru dokonalá, ať už se jedná o těsnost pístu, pístních kroužků nebo sacích a výfukových ventilů. U motoru v dobrém technickém stavu můžeme předpokládat malý úbytek hmotnostní náplně vlivem netěsností (ve výpočtech se proto zanedbává). Měření kompresních tlaků je doposud nejobvyklejší diagnostická metoda zjištění těsnosti spalovacího prostoru. Kompresní tlak je stěžejní veličinou, která charakterizuje opotřebení v oblasti válce a souvisejících skupin. Na kompresním tlaku se projeví jakákoli netěsnost pístních kroužků, ventilů, ale i větší poškození těsnění pod hlavou válců motoru. Na absolutní hodnoty kompresního tlaku má vliv i ventilová vůle a časování rozvodu. Zvýšená netěsnost spalovacího prostoru má za následek růst měrné spotřeby paliva a oleje, obtížné spouštění motoru a zvýšené riziko havarijních ztrát. [2, 5, 14]

2.1.2 Způsob tvorby směsi

K nejdůležitějším funkcím patří příprava spalovací směsi. Na složení směsi je závislý nejen výkon a spotřeba motoru, ale i úroveň emisí ve výfukových plynech, rychlost hoření a teplota spalování. Složení směsi je určeno poměrem hmotnosti paliva a vzduchu. U zážehového motoru, spalujícího automobilový benzin, je poměr optimální, když na 1 kg hmotnosti paliva připadá 14,7 kg vzduchu. Při tomto ideálním poměru, nazývaném stechiometrický, je spalování nejúplnější, směs hoří nejrychleji a teplota spalování je nejvyšší. Pokud je ve směsi méně vzduchu, vzniká přebytek paliva a směs se nazývá bohatá. Je-li ve směsi méně paliva, dochází k přebytku vzduchu a směs je označována jako chudá.

Motor 1,2 TSI se vyznačuje přímým vstřikem paliva do válců. Do válce motoru se přivádí čerstvý vzduch a do vzduchu ve válci motoru se vstřikuje palivo. Vytvoří se směs paliva s takovým složením, aby palivo po řízeném zážehu co nejlépe shořelo. Pro tvorbu směsi přímo ve spalovacím prostoru je rozhodující, aby palivo bylo ve vzduchu jemně rozprášeno. Proto se vstřikuje s vysokým vstřikovacím tlakem a ve vhodně tvarovaném paprsku. Nezbytné je řízení pohybu nasávaného vzduchu, do kterého se palivo vstřikuje.

Tvar, velikost a uspořádání sacího a výfukového kanálu výrazně ovlivňují stupeň plnění a výměnu směsi ve spalovacím prostoru. Vzhledem k použití dvouventilové techniky byl u motoru 1,2 TSI pro dobrou přípravu směsi vyvinut vířivý sací kanál. Sací kanál je zkonstruován do tvaru šroubovice. Vzduch nasávaný do válce začne při proudění tímto kanálem rotovat a vytvářet tak vířivý pohyb i v celém válci. To zajišťuje efektivní rozložení a víření směsi v celém spalovacím prostoru.

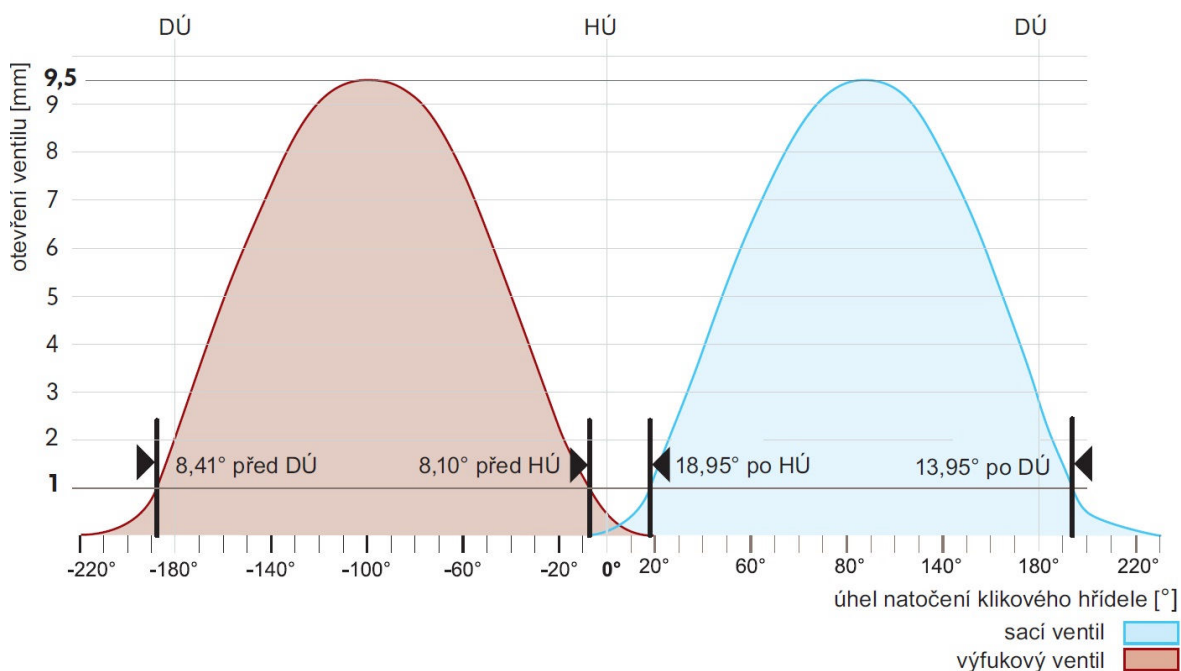


Obr.01: Vířivý sací kanál v hlavě válců motoru 1,2 TSI

Časování ventilů u motoru 1,2 TSI je koncipováno tak, že umožňuje klidný a kultivovaný chod motoru při volnoběhu a zároveň dobré dynamické vlastnosti při plném zatížení. Pro dosažení kultivovaného chodu motoru při volnoběhu a během plného zatížení je nezbytné malé překrytí ventilů. Zamezuje se tím zpětnému toku výfukových plynů do spalovacího prostoru a tím zhoršování vytvářené směsi. Pro redukci zbytkových spalín ve válci se ventily otevírají tak, že účinný zdvih ventilů je v rozsahu 180° úhlu natočení klikového hřídele a v oblasti překrytí ventilů je jejich zdvih cca 0,2 mm (viz obr. 02). Pro maximální akceleraci z nízkých otáček je nutné, aby sací ventily byly otevřeny (se zdvihem nad 1 mm) v rozsahu cca 175° úhlu natočení klikového hřídele. Sací ventily se tak prakticky uzavřou dříve, než píst, pohybující se z DÚ do HÚ, by začal vytlačovat čerstvý vzduch z válce zpět do plnicího potrubí.

- výfukový ventil otevírá před DÚ $8,41^\circ$
- výfukový ventil zavírá před HÚ $8,10^\circ$
- sací ventil otevírá po HÚ $18,95^\circ$
- sací ventil zavírá po DÚ $13,95^\circ$

Pozn.: uvedené údaje se vztahují na zdvih ventilů 1 mm



Obr.02: Časování sacích a výfukových ventilů motoru 1,2 TSI při zdvihu ventilu 1 mm

Tvorbu směsi ve spalovacím prostoru významně ovlivňují vstřikovací ventily. Čím lépe je palivo ve spalovacím prostoru rozptýleno, tím lepší směs vzniká. Faktory ovlivňující tvorbu směsi jsou počet vstřikovacích paprsků, geometrie a nasměrování jednotlivých paprsků, doba vstřiku a vstřikovací tlak. Každý vstřikovací ventil vstřikuje palivo šesti paprsky. Geometrie jednotlivých paprsků je upravena tak, aby optimálně vyplnily celý spalovací prostor. Tím je docíleno rychlé a efektivní mísení paliva s nasávaným vzduchem. Vstřikovací tlak je regulován v rozmezí 4 až 12,5 MPa.



Obr.03: Vstřikovací ventil motoru 1,2 TSI

Zažehnutí připravené směsi je nedílnou součástí celého děje. Musí být provedeno s dostatečnou energií, aby se zapálená směs co nejúplněji spálila. Zážeh musí nastat ve vhodném okamžiku, aby se hoření uskutečnilo co nejrychleji (pokud možno za malé změny objemu). Rychlost hoření směsi je závislá na jejím složení. Při stejném složení je doba vyhoření relativně stálá, s otáčkami motoru se proto musí měnit okamžik (předstih) zažehnutí. Tento předstih zážehu je závislý nejen na otáčkách motoru, jeho zatížení a teplotě, ale podobně jako příprava směsi i na provozních podmínkách. [7, 24]

2.2 Mechanické systémy motoru

Většina konstrukčních systémů, které zajišťují bezproblémovou funkci celého motoru, je mechanické povahy. Aby byla zajištěna bezchybná funkce motoru, musí být tyto mechanické systémy vhodně mazány a některé současně i chlazeny pro zajištění optimálních provozních podmínek v průběhu pracovní činnosti motoru

2.2.1 Mazací a chladicí soustava

Jednou z důležitých podmínek pro zajištění správné činnosti motoru je jeho mazání. Cílem správného mazání je především snížení opotřebení, třecích ztrát pohyblivých součástí a současně i jejich chlazení a snížení hlučnosti motoru. Jako maziva se využívá kvalitních motorových olejů. Tlak oleje v motoru by se měl za běžných provozních podmínek pohybovat mezi 0,3 - 0,4 MPa. Důležitá je také těsnost olejového prostoru, která je závislá na bezchybné montáži a bezvadném těsnění všech částí motoru, proto je také na montážní lince ověřována tlakovými zkouškami těsnosti olejového prostoru. Při nesprávném mazání může ve výsledku dojít až k zadření motoru a následné havárii.

Další z důležitých podmínek je správné chlazení motoru. Cílem správného chlazení je nastavení optimální pracovní teploty, odvod tepla při spalování paliva a při tření pohyblivých součástí. Těsnost je i zde ověřována tlakovými zkouškami vodního prostoru. Poškozením čerpadla nebo termostatu může ve výsledku dojít až k přehřátí motoru a následnému zadření.

2.2.2 Rozvodový mechanismus

Jednou z dalších důležitých podmínek je správná funkce rozvodového mechanismu. Cílem bezchybné funkce rozvodů je správné časování ventilů, čili zajištění otevírání a zavírání sacích a výfukových ventilů ve správný okamžik. Předpokladem k tomu je přesná synchronizace pohybu mezi klikovou a vačkovou hřídelí. Pohon vačkové hřídele (i olejového čerpadla) obstarávají u motoru 1,2 TSI bezúdržbové rozvodové

řetězy, poháněné řetězovými koly



Obr.04: Řetězový pohon rozvodu motoru 1,2 TSI

od klikové hřídele a napnutí řetězu pro pohon vačkového hřídele zajišťuje hydraulický napínák. Pokud by tomu tak během montáže nebylo, mohlo by dojít při roztočení motoru až k případnému střetu pístu s ventilem a následné havárii.

Snáze může během montáže také dojít k přesazení rozvodového řetězu.

Nedojde-li v tomto případě přímo k havárii, projeví se špatné nastavení rozvodu zhoršeným během motoru, sníženým výkonem a velkým hlukem za provozu.

2.2.3 Mechanické části elektropříslušenství

Další důležitou podmínkou je správná funkce elektropříslušenství, ať už se jedná o jednotlivé snímače, kabelový svazek elektrické instalace, elektronické systémy řízení apod. Elektronické prvky jsou již v dnešní době nedílnou součástí každého motoru. U zážehového motoru 1,2 TSI zajišťují režim zapalování, vstřikování, přeplňování a další procesy. Na motoru se nachází celá řada snímačů (např. snímače otáček klikové a vačkové hřídele) včetně kabelového svazku elektrické instalace, které se mohou během přepravy na montáž a během montáže poškodit při zapojování nebo při neopatrné manipulaci. Ve většině případů dochází na montáži ke špatnému zapojení snímačů do příslušných konektorů, což může být zapříčiněno jejich horší přístupností (např. snímače vstřikovacích ventilů apod.). V jiném případě může dojít neopatrnou manipulací při montáži i k poškození zapalovacích svíček nebo k jejich záměně s jiným typem. Nesprávnou funkcí elektroniky může dojít ke snížení výkonu motoru, ovlivnění emisí a k možnému nenastartování motoru.



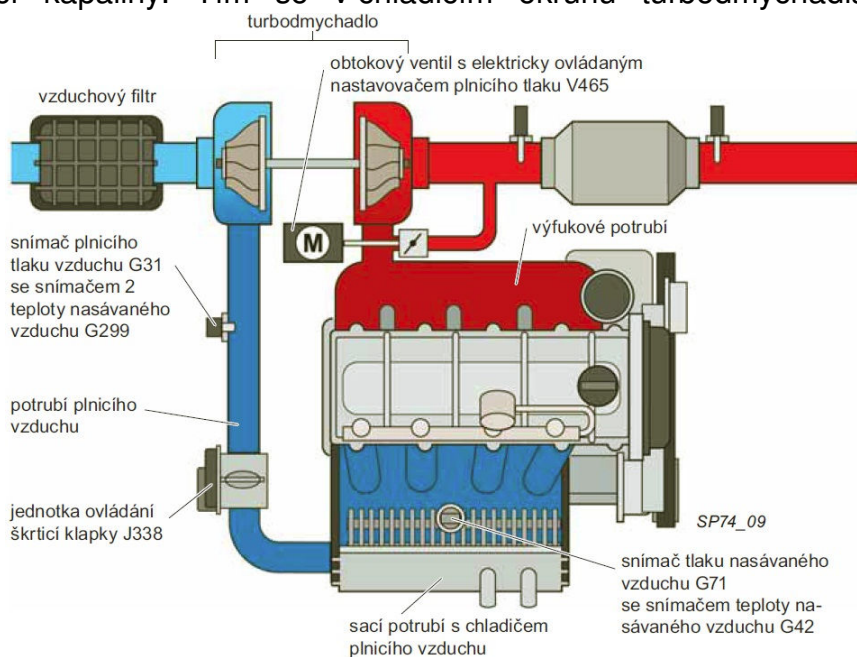
Obr.05: Svazek elektrické instalace motoru 1,2 TSI před vychystáním na lince

2.2.4 Turbodmychadlo

Pro přeplňovaný motor 1,2 TSI je nedílnou součástí turbodmychadlo. Hlavním úkolem turbodmychadla je zvyšování tlaku vzduchu vstupujícího do motoru a tím tedy i jeho hustotu. Dmychadlo stlačuje vzduch vstupující do motoru a výrazně tak zvyšuje hmotnostní naplnění válce oproti klasickému nepřeplňovanému motoru. Turbína využívá tepelné energie výfukových plynů vystupujících z motoru a

turbodmychadlo a PSM jsou tak navzájem propojeny termodynamickou vazbou. Zásadním faktorem ovlivňujícím kvalitu přepřínovaných motorů je schopnost okamžitě reagovat na změny zatížení. Významnou roli přitom hraje rychlé a přesné ovládání obtokového ventilu pro regulaci turbodmychadla (zejména v režimech vyššího zatížení motoru). U motoru 1,2 TSI je pro regulaci plnicího tlaku použit elektricky ovládaný nastavovač polohy obtokového ventilu (Wastegate). Přestavení obtokového ventilu je prováděno elektricky ovládaným servomotorem. Doba přestavení z jedné krajní polohy do druhé je asi 80 ms. Obtokový ventil lze nastavit do libovolné polohy v kterémkoli okamžiku provozu motoru. Díky tomu lze minimální plnicí tlak před škrticí klapkou snížit až o 0,03 MPa. To vede k úspoře energie při změně zatížení motoru a tím ke snížení spotřeby paliva v oblasti částečného zatížení.

Turbodmychadlo a výfukové potrubí tvoří jeden modul. Aby se i po vypnutí motoru zaručilo chlazení ložiskové skupiny hřídele turbodmychadla, je turbodmychadlo začleněno do chladicího okruhu chlazení plnicího vzduchu. Pro zaručení mazání a zlepšení chlazení je ložisková skříň turbodmychadla připojena k mazacímu okruhu motoru. Během provozu motoru zajišťuje chlazení turbodmychadla hlavně motorový olej. Chladicí kapalina je přiváděna k turbodmychadlu pouze v závislosti na okamžité potřebě. Po vypnutí motoru se na dobu až 480s spustí čerpadlo dochlazování chladicí kapaliny. Tím se v chladicím okruhu turbodmychadla zamezuje přehřátí ložiskové skříně a možné „karbonizaci“ mazacího oleje v ložiskové skříni. Správná činnost turbodmychadla ovlivňuje z velké části výkon a emise motoru. [2, 24]



Obr.06: Systém přepřínování turbodmychadlem motoru 1,2 TSI

3 Výroba motorů ve Škoda Auto

Výroba motorů v Mladé Boleslavi má bohatou historii, která zahrnuje více než 110 let vývoje a výroby motorů.

Výroba motorů ve Škoda Auto probíhá ve výrobní hale M6 o výrobní ploše 65000 m² v hlavním závodě v Mladé Boleslavi. Mimo samotnou montáž starších tříválcových benzinových motorů 1,2 HTP a novějších čtyřválcových benzinových motorů 1,2 TSI zde probíhá také opracování některých důležitých komponentů motoru a to pro tříválcový motor opracování klikové a vačkové hřídele, hlavy válců a kompletu bloku motoru (spodní a horní díl). Pro čtyřválcový motor se zde opracovávají pouze kliková hřídel a hlava válců. Modul víka hlavy válců s vačkovou hřídelí se kompletuje a dováží do Mladé Boleslavi z koncernového závodu VW sídlícího v německém Salzgitteru. Blok motoru, který se v Mladé Boleslavi pouze odlévá, se poté odesílá jako odlitek k opracování do koncernového závodu VW v německém Chemnitz a následně potom se už jako opracovaný díl posílá zpět do Mladé Boleslavi připravený k montáži na lince.

Samotná montáž motoru začíná předmontáží hlavy válců. Výroba motoru pak dále pokračuje na montážní lince polomotoru Rumpf. Takto vyrobený polomotor se buď odesílá jako hotový výrobek do ostatních výrobních závodů koncernu VW nebo poté dále pokračuje na dokončovací linku ZP4-I (Zell Punkt 4-I) k dokončení montáže na kompletní motor. V hale M6 jsou celkem dvě dokončovací linky na dokončení montáže polomotorů. Jedná se o dokončovací linku ZP4-I, která slouží především pro dokončení montáže tříválcových a čtyřválcových zážehových motorů o objemu 1,2 litru a ostatních zážehových motorů. Druhá dokončovací linka je linka VW ZP4-II, která slouží především k dokončení montáže vznětových polomotorů dovážených z koncernu VW. Dále se na dvou dokončovacích montážních linkách montují další zážehové i vznětové motory nejen pro potřeby automobilky Škoda Auto, ale i jiných montážních závodů v koncernu VW.

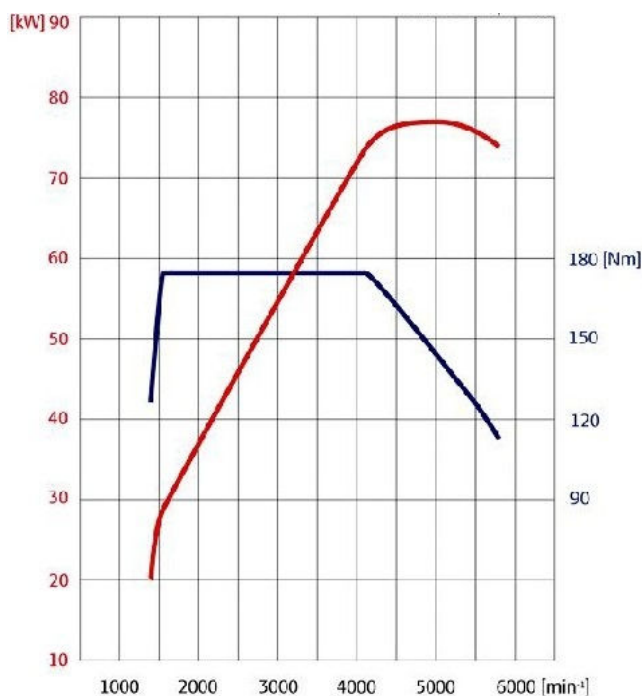
3.1 Čtyřválcový motor 1,2 TSI

Motor 1,2 TSI je čtyřdobý zážehový, kapalinou chlazený, turbodmychadlem přeplňovaný osmiventilový řadový čtyřválcový motor s rozvodem OHC o zdvihovém objemu 1,2 litru s přímým vstřikováním paliva do válců.

3.1.1 Základní popis motoru

Vývojové práce na motoru se ubíraly v koncepční linii downsizingu. Smyslem downsizingu je, že z menšího zdvihového objemu motoru se získává zvýšený výkon při menší spotřebě paliva. Toho je docíleno přeplňováním a využitím přímého vstřiku paliva. Redukcí zdvihového objemu se dosahuje lepšího stupně účinnosti motoru, protože dochází k menším ztrátám vlivem tření. Kromě toho mají motory s menším zdvihovým objemem výhodu v nižší hmotnosti a nemusí tedy do pohybu uvádět takové hmoty. V porovnání s jinými atmosférickými motory je navíc u agregátu 1,2 TSI k dispozici podstatné zvýšení točivého momentu už při nižších otáčkách. Motor je v Mladé Boleslavi vyráběn od listopadu 2009 a montážní linky jsou přizpůsobeny pro produkci více než 1300 kusů denně podle aktuální poptávky zákazníků.

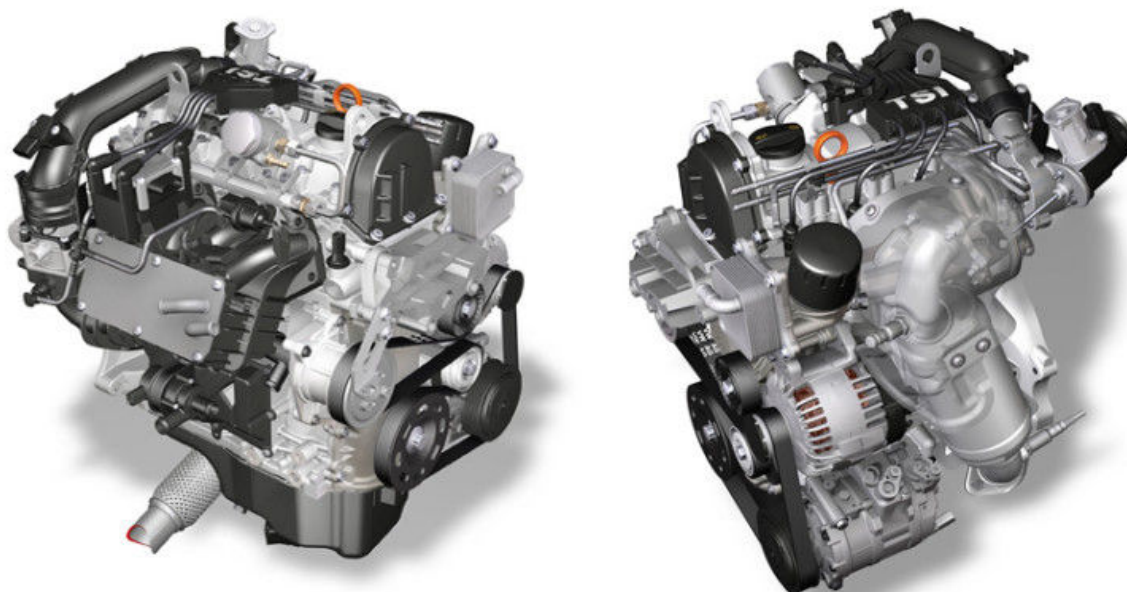
Motor je vyráběn ve dvou výkonových variantách 63 kW (85k) a 77 kW (105 k) a je montován do modelové palety vozů Fabia, Roomster, Octavia, Yeti a do dalších modelů v rámci koncernu Volkswagen (Audi, Seat, VW).



Obr.07: Vnější otáčková charakteristika motoru 1,2 TSI 77 kW

| | |
|------------------------------|--|
| Kód motoru | CBZB |
| Konstrukce | řadový motor |
| Počet válců | 4 |
| Počet ventilů na válec | 2 |
| Objem | 1197 cm ³ |
| Vrtání | 71 mm |
| Zdvih | 75,6 mm |
| Kompresní poměr | 10 |
| Maximální výkon | 77 kW při 5000 1/min |
| Maximální točivý moment | 175 Nm při 1500-3500 1/min |
| Elektronická řídicí jednotka | Continental Simos 10.1 |
| Palivo | bezolovnatý benzin o. č. 95 nebo o. č. 91 |
| Úprava výfukových plynů | třícestný katalyzátor; lineární lambdasonda před katalyzátorem; skoková lambdasonda za katalyzátorem |
| Emisní norma | EU5 |

Tab.01: Technické parametry motoru 1,2 TSI 77kW



Obr.08: Čtyřválcový motor 1,2 TSI po montáži na dokončovací lince ZP4-I

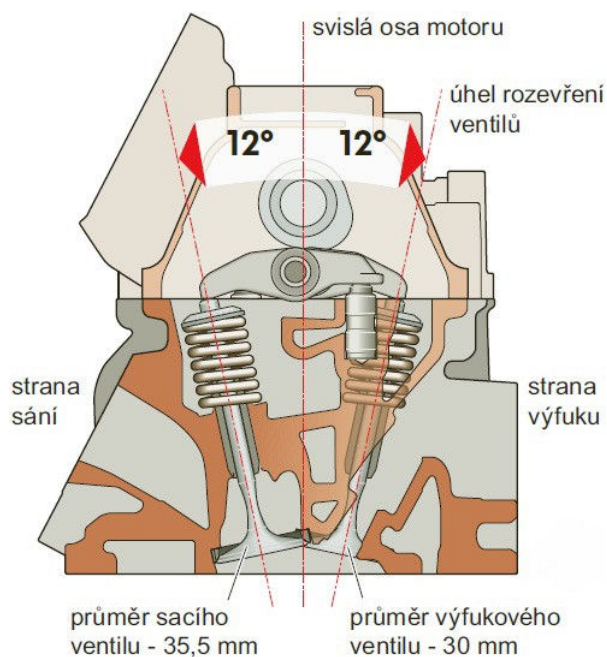
3.1.2 Konstrukce motoru

Blok válců je vyráběn tlakovým litím z hliníkové slitiny. V tělese válců jsou zality čtyři vložky válců ze šedé litiny, které jsou na vnější straně profilovány. Profilování zlepšuje kvalitu spojení mezi tělesem válců a vložkami válců, díky kterému se

sníží deformace bloku válců. Kromě toho zamezuje toto konstrukční řešení nerovnoměrnému rozložení tepla, k němuž dochází vlivem vytváření spár mezi vložkami válců a hliníkovou slitinou.

Klikový mechanismus se skládá z klikové hřídele, ojníc, pánví ložisek, pístů a pístních čepů. Pětkrát uložený kovaný klikový hřídel je vybaven čtyřmi protizávažími. Hlavní a ojnicí ložiska klikového hřídele mají shodný průměr 42 mm. Písty jsou vyráběny litím do kokily a jsou z hliníkové slitiny. Dna pístů jsou opatřena prohlubněmi, jejichž tvar je optimalizován pro přímý vstřík jako podpora rozptýlení paliva účinkem rozvíření vzduchové náplně ve spalovacím prostoru. Plášť pístu je potažen kluznou vrstvou pro snížení tření pístu. Pístní kroužky mají menší tangenciální předpětí, což snižuje třecí ztráty. Velká oka ojníc jsou při výrobě dělena lámáním, což zajišťuje precizní slícování obou částí ojnice a zároveň vytváří dobrý silový spoj. Tato metoda dělení ojnicích ok rovněž snižuje výrobní náklady.

Hlava válců je vyráběna litím do kokily a je z hliníkové slitiny. Je vybavena dvouventilovou technikou a je řešena s příčným prouděním chladicí kapaliny. Hlava válců má střešovitý spalovací prostor s úhlem rozevření sacích a výfukových ventilů 12° od svislé osy motoru. Sací a výfukové ventily jsou přes rolníčková vahadla s hydraulickými vymezovači ventilové vůle ovládány vačkovým hřídelem uloženým ve víku hlavy válců. Vysoký poměr zdvihu pístu k průměru vrtání zlepšuje plnění a vyplachování spalovacího prostoru při sacím a výfukovém zdvihu. Talířky sacích ventilů mají průměr 35,5 mm a výfukových ventilů 30 mm. Vstřikovací ventily jsou v hlavě válců umístěny na straně sání a zapalovací svíčky na straně výfuku. [24]



Obr.09: Víko a hlava válců motoru 1,2 TSI

3.1.3 Přehled systému řízení motoru

U motoru 1,2 TSI je pro řízení motoru použita elektronická řídicí jednotka Continental Simos 10.1, která vyhodnocuje a zpracovává signály z jednotlivých snímačů a akčních členů umístěných na motoru.

| Snímač | Označení |
|---|-----------------|
| snímač tlaku nasávaného vzduchu | G71 |
| snímače teploty nasávaného vzduchu | G42, G299 |
| snímač plnicího tlaku vzduchu | G31 |
| snímač otáček motoru | G28 |
| snímač polohy vačkového hřídele | G40 |
| snímače úhlu nastavení škrticí klapky | G187, G188 |
| snímač tlaku paliva - vysoký tlak | G247 |
| snímač klepání | G61 |
| snímače teploty chladicí kapaliny a na výstupu chladiče | G62, G83 |
| snímač lambda sondy před a za katalyzátorem | G39, G130 |
| snímač teploty oleje | G266 |
| snímač polohy nastavovače plnicího tlaku | |

Tab.02: Snímače na motoru 1,2 TSI

| Akční člen | Označení |
|--|-----------------|
| elektronická řídicí jednotka palivového čerpadla a palivové čerpadlo | J538, G6 |
| vstřikovací ventily | N30 - N33 |
| zapalovací modul | N152 |
| jednotka ovládání škrticí klapky a pohon škrticí klapky | J338, G186 |
| napájecí relé motorových komponentů | J757 |
| ventil regulace tlaku paliva | N276 |
| elektromagnetický ventil nádobky s aktivním uhlím | N80 |
| vyhřívání lambda sondy před a za katalyzátorem | Z19, Z29 |
| elektromagnetický ventil regulace čerpadla chladicí kapaliny | N513 |
| elektricky ovládaný nastavovač plnicího tlaku | V465 |
| čerpadlo dochlazování chladicí kapaliny, relé čerpadla | V50, J496 |

Tab.03: Akční členy na motoru 1,2 TSI

4 Kontrolní systémy výroby motorů ve Škoda Auto

4.1 Přehled montážních linek

Montáž motorů v hale M6 v Mladé Boleslavi začíná předmontáží hlavy válců, pokračuje montážní linkou polomotoru Rumpf a nakonec montážní linkou ZP4-I pro dokončení montáže na kompletní motor.

4.1.1 Předmontáž hlavy válců

Na této lince probíhá předmontáž hlavy válců pro motory o objemu 1,2 (tříválcový motor 1,2 HTP - dvouventilová a čtyřventilová varianta, čtyřválcový motor 1,2 TSI - vyráběná dvouventilová varianta). Nejdůležitějšími montovanými součástmi na montážní lince je samotná hlava válců, ventily, ventilové pružiny a sedla ventilů. Každá z důležitých operací na lince je následně ihned kontrolována automatickými stanicemi linky (tlaková zkouška hlavy válců).

4.1.2 Montážní linka polomotoru Rumpf

Na této lince probíhá montáž polomotorů o objemu 1,2 (tříválcový motor 1,2 HTP a čtyřválcový motor 1,2 TSI).

Na první operaci dochází k umístění a identifikaci bloku motoru načtením jeho tzv. „data-matrix“ kódu, kterému je zároveň přiděleno číslo a další data o budoucím motoru. Poté motor pokračuje na další operace, kde dochází k demontáži hlavních ložisek, montáži a zatažení chladicích trysek pístů v automatické stanici, barevnému značení a demontáži ojnic, kompletaci pístu s ojnicí a pánvemi a následně k samotné montáži pístu s ojnicí do bloku motoru. Dále dochází k montáži pánví do bloku motoru a založení klikové hřídele, k olejování ložisek klikové hřídele v automatické stanici, k montáži ojničních víček pro 2. a 3. válec, 1. a 4. válec a k montáži odlučovače oleje. Následně dochází k zatažení ojničních šroubů, kompletaci a založení vík hlavních ložisek do bloku motoru.

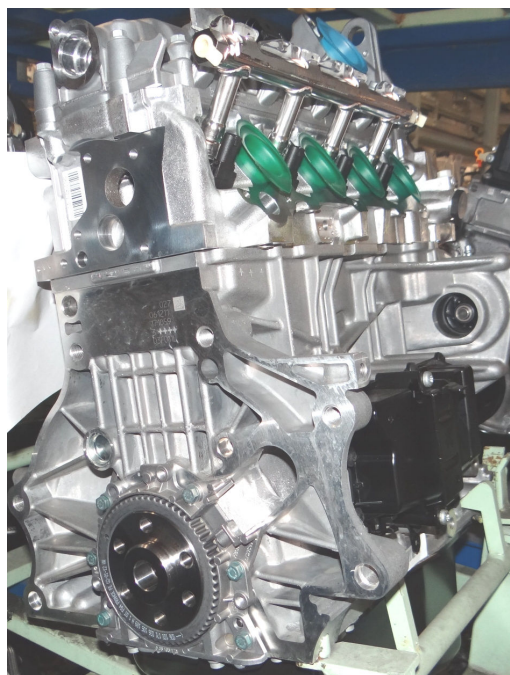
Dále se v toku montážní linky nachází první důležitá kontrolní automatická stanice, tzv. kontrola otáčením klikové hřídele. Provádí se zde kontrola třetího momentu a axiální vůle klikové hřídele.

Poté dochází k montáži a dotažení šroubů olejového čerpadla a sacího koše, montáži těsnění a hlavy válců s vloženými šrouby a k zatažení šroubů hlavy válců. Následně jsou robotem zakládány hydraulické podpěry v automatické stanici, montáž vahadel ventilů do hlavy válců, tmelení hlavy válců, montáž a zatažení šroubů držáku olejového filtru a horního víka hlavy válců. Poté se montuje sestava rozvodu vačkového hřídele a dochází k montáži a zatažení napínáku řetězu. V automatické stanici se zatahuje šroub kola vačkového hřídele a následně se tmelí horní přední víko. Pak následuje montáž snímače tlaku oleje a řemenice a montáž a zatažení šroubů vodního čerpadla a baroskopu. V automatické stanici dochází k zatažení chladiče oleje a nanesení tekutého těsnění na spodní víko. Poté probíhá montáž oběhového čerpadla a v automatické stanici zatažení spodního víka motoru a následně zatažení šroubů olejové vany a montáž a zatažení palivové lišty.

Dále se v toku montážní linky nacházejí další důležité kontrolní automatické stanice, tzv. kontrola otáčením motoru a tlaková zkouška motoru. Při kontrole otáčením motoru se kontroluje třecí moment chodu motoru protočením motoru. Při tlakové zkoušce motoru se provádí tlaková zkouška těsnosti olejového a vodního prostoru. Pokud motor projde těmito zkouškami, je naplněn motorovým olejem.

Na konci tlakové zkoušky motoru následuje odbočka z montážní linky na tzv. repasní větev. Pokud motor na tlakové zkoušce nevyhoví, je automaticky vyřazen na tuto větev a nepokračuje dále do další výroby. V závislosti na závažnosti příčiny vyřazení je buď možná náprava přímo na místě nebo převezení motoru na odborné repasní pracoviště k opravě.

Následně dochází k navěšování polomotoru na podvěsný dopravník, který dále pokračuje na dokončovací linku (ZP4-I) k dokončení montáže na kompletní motor.



Obr.10: Polomotor Rumpf 1,2 TSI

4.1.3 Dokončovací montážní linka ZP4-I

Na této lince probíhá dokončovací montáž polomotorů o objemu 1,2 (tříválcový motor 1,2 HTP a čtyřválcový motor 1,2 TSI) na kompletní motor.

Po umístění polomotoru na montážní linku dojde k jeho číselnému označení a následně pokračují další operace na této dokončovací lince. Dochází zde nejprve k montáži a dotažení zapalovacích svíček, vysokotlakového palivového čerpadla, výfukového potrubí, turbodmychadla, trubek chlazení, skříně termoregulátoru, svazku elektroinstalace, vodní trubky, sacího potrubí, palivového potrubí, olejové trubky, zpětného ventilu, řemenice vodního čerpadla, setrvačníku, ventilu vodního čerpadla, spojky (dochází k vystředění lamely), škrticí klapky, zapalovacího modulu, zapalovacích kabelů na svíčky a trubky nasávaného vzduchu. Taktéž zde probíhá montáž a zapojení snímačů klepání, otáček, tlaku paliva, teploty, tlaku oleje a dalších. Poté dochází v automatické stanici ke kontrole kompletnosti montáže motoru pomocí kamery.

Dále se v toku montážní linky nachází první důležitá kontrolní stanice, tzv. tlakový test vodního prostoru motoru. Provádí se zde kontrola těsnosti vodního prostoru motoru a vodního čerpadla motoru.

Další důležitou kontrolní stanicí je Hottest, což je funkční zkouška motoru.

Poslední důležitou kontrolní stanicí je tzv. EFT test (End Funktion Test), což je konečný funkční studený test motorů 1,2 TSI.

Následně dochází k přemístění hotového motoru z dopravníku do palety, která dále pokračuje do skladu haly M6, kde už jsou motory připraveny k exportu na montáže do vozidel.

Každá montážní paleta obsahuje ve svém nitru datový nosič, do kterého se v průběhu montáže ukládají data ze všech operací na lince a na konci montáže motorů ZP4-I jsou data odeslána po síti na centrální pevný disk, kde je možné je zpětně vyvolat a zobrazit na počítači k případné podrobnější analýze každého motoru. Na pevný disk se odesílají data všech naměřených hodnot a všech výsledků jednotlivých testů během montáže motoru. [13]

4.2 Kontrolní pracoviště na montážní lince

Pro zajištění správné činnosti vyráběného motoru 1,2 TSI a vůbec každého nového motoru je nejdůležitější provést veškerou montáž dokonale a to podle daného technologického postupu výroby, zahrnující jak práce prováděné ve stanicích, tak i práce vykonávané pracovníky na montážní lince. Kontrolní operace v průběhu montáže motorů se provádějí z toho důvodu, aby byla zajištěna správnost, přesnost a kvalita smontovaných dílů do jednotného funkčního celku. Na montážních linkách je zaveden systém pravidelné kontroly všech motorů automaticky téměř po každé operaci.

Mezi tyto operace patří zejména kamerové kontroly kompletnosti montáže motorů, kontroly na třecí moment (kontrola otáčením klikové hřídele a otáčením motoru), tlakové zkoušky na těsnost olejového a vodního prostoru, EFT test a Hottest.

4.2.1 Kamerové kontroly

Kamerové kontroly slouží k odhalení případné nekompletnosti montáže vyráběného motoru. Kamery jsou instalovány na několika strategických místech, jak na montážní lince Rumpf, tak na dokončovací lince ZP4-I. Každá kamerová kontrola však pouze vyhodnocuje to, zda daný zkompleťovaný motor předepsané montáži vyhovuje, či nikoliv.

Kamerou se kontroluje :

- | | | |
|--|---|-------|
| <ul style="list-style-type: none">- číslo motoru a typ bloku motoru- typ a správná poloha pístů- montáž klikové hřídele a pánví hlavních ložisek- typ a poloha těsnění hlavy válců- typ a poloha vahadel, přítomnost těsnícího tmelu, vačkový hřídel- typ řetězových kol rozvodu, typ řetězu a nastavení rozvodu | } | Rumpf |
| <ul style="list-style-type: none">- poloha vysokotlakého potrubí, podtlaková hadice vodního čerpadla, páska palivové hadice,- poloha trubky nasávaného vzduchu, typ setrvačníku,- nasazení stínícího plechu, jehlové ložisko, hrdlo nasávaného vzduchu, krycí plech turbodmychadla, těsnění olejové trubky,- zapáskování palivové hadice, přítomnost hadice chlazení. | } | ZP4-I |

4.2.2 Kontroly na třecí moment

První důležitou kontrolní operací je kontrola třecího momentu klikové hřídele, která se provádí protočením smontovaných dílů klikové skupiny (píst, kliková hřídel, ojnice). Tato operace je zařazena v toku montážní linky Rumpf ihned po kompletaci tohoto celku a ověřuje se tak správnost montáže klikového mechanismu. Klikový hřídel je uchycen automatizovanou stanicí za přírubu setrvačníku, je otočen nejprve nízkými otáčkami o 360° , poté vyššími otáčkami o 720° a třecí moment se měří jako odpor proti otáčení. Dovolená hranice pro třecí moment je 0 – 15 Nm. Poloha klikové hřídele je 90° k dolní úvratí 1. válce. Dále se provádí kontrola axiální vůle klikové hřídele, pro kterou je dovolená hranice 0,04 - 0,23 mm. Pokud se pohybují naměřené hodnoty v dovolených mezích, může motor pokračovat v dalších operacích na montážní lince.

Další důležitá kontrolní operace se nachází na konci montážní linky Rumpf před tlakovými zkouškami a samotným plněním motoru olejem. V automatickém cyklu uchopením za šroub řemenice se provádí kontrola otáčení téměř kompletního polomotoru. Kontroluje se třecí moment chodu motoru protočením o $4 \times 360^\circ$ velmi nízkými otáčkami. Hranice třecího momentu pro správný chod je 0 – 25 Nm.

4.2.3 Tlakové zkoušky

Mazací a chladicí soustava jsou jedny z nejdůležitějších částí motoru zajišťující jeho správnou funkčnost. V případě špatného mazání by mohlo dojít v krajním případě až k zadření motoru. Chladicí soustava zajišťuje optimální teplotní podmínky motoru a především odvádí teplo vznikající spalováním paliva a třením pohyblivých částí motoru. Je proto bezpodmínečně nutné, aby byla zajištěna správná těsnost těchto soustav.

Na motoru 1,2 TSI během montáže probíhají celkem dvě tlakové zkoušky. První tlaková zkouška se nachází na konci montáže polomotoru Rumpf ihned po montáži všech dílů zajišťujících těsnost. V automatické stanici se provádí tlaková zkouška těsnosti olejového a vodního prostoru tlakovým vzduchem o tlaku 0,8 bar a měří se průtok vzduchu v cm^3/min . Pro vodní prostor je povolená hranice úniku do $30 \text{ cm}^3/\text{min}$. a pro olejový prostor do $300 \text{ cm}^3/\text{min}$. Pokud motor projde těmito zkouškami, je naplněn motorovým olejem. Pokud motor těmito zkouškami neprojde, je automaticky odeslán na repasní pracoviště k opravě.

Druhá tlaková zkouška se nachází na dokončovací lince ZP4-I, za kamerovou kontrolou kompletnosti montáže motoru. Provádí se zde kontrola těsnosti vodního prostoru motoru, vodního čerpadla, těsnost napojení spojovací trubky na vodní čerpadlo a těsnost skříně termostatu a jeho připojení na motor. Při testu je motor natlakován stlačeným vzduchem 0,9 až 1,1 bar a je měřen únik vzduchu v cm³/min do povolené hranice 25 cm³/min.

4.2.4 EFT test

EFT test je konečný funkční studený test čtyřválcových motorů 1,2 TSI 63/77 kW na konci dokončovací montážní linky ZP4-I. EFT test na rozdíl od klasického Kalttestu (studený test) pro tříválcové motory 1,2 HTP zahrnuje i dynamický elektrotest. Principem testu je měření parametrů motoru za studena roztáčeného elektromotorem a jeho následné vyhodnocení (každý měřený parametr motoru se musí pohybovat mezi horní a dolní povolenou mezí). Parametry jsou snímány v závislosti na otáčkách a úhlu natočení klikové hřídele. Motor je vyhodnocen buď jako iO (in Ordnung - vyhovuje) a pokračuje dále po montážní lince až k následnému svěšení na paletu, nebo jako niO (nicht Ordnung - nevyhovuje) a pokračuje na repasní pracoviště k opravě. Kontroluje se 100% všech vyrobených motorů. Aby nedocházelo ke snížení taktu výroby motorů, je toto pracoviště zdvojené. První dopravník směřuje motory do stanice EFT testu a druhý dopravník směřuje netestované motory okolo stanice k následnému svěšení motorů na paletu k pozdějšímu EFT testu (např. o víkendových směnách atd.). Příprava motoru na EFT test začíná příjezdem motoru po dopravníkovém pásu na první operaci.



Obr.11: Motor 1,2 TSI před otočením do stanice EFT testu

Motor se nejprve na paletě otočí o 90° a konektor elektrického svazku se odpojí od tlakového snímače oleje. Tlakový snímač oleje se poté pomocí pneumatické zatahovačky demontuje a odloží na konzolu. Adaptér tlaku oleje se přichytí ručně do výběhu. Poté se motor s montážní paletou otočí o 180° setrvačnickem k sobě a demontují se plastové krytky turbodmychadla. Pak se hmatem zkontroluje, zda jsou veškeré dostupné zástrčky svazku elektrické instalace správně zapojené s protikusy a nakonec se na hrdlo skříně termoregulátoru nasadí technologické zátky. Poté už motor pokračuje do stanice EFT testu. Po příjezdu motoru do stanice EFT testu se na motor připojuje hadice paliva. Poté se automaticky spustí proces plnění motoru benzinem. Dále se pak do dvou příslušných adaptérů stanice připojí vývody elektrického svazku motoru a nakonec se připojí adaptér pro snímání tlaku a teploty oleje.

| Režim | Popis |
|-------|---|
| 1. | Otočení stolu o 180° do zkušebního prostoru EFT testu |
| 2. | Kontrola propojení jednotlivých kabelů a snímačů |
| 3. | Test senzorů akčních členů |
| 4. | Upnutí motoru za setrvačnick pomocí drapáku |
| 5. | Připojení adaptéru turbodmychadla |
| 6. | Nastavení vibračních senzorů hlavy válců a bloku motoru |
| 7. | 60 1/min |
| 8. | 1000 1/min |
| 9. | 3000 1/min |
| 10. | 3000 1/min |
| 11. | 120 1/min |
| 12. | Zastavení chodu motoru |
| 13. | Odpojení vibračních senzorů a adaptérů turbodmychadla |
| 14. | Odepnutí motoru |
| 15. | Vyfouknutí benzínu z motoru |
| 16. | Otočení stolu zpět o 180° |

Tab.04: Zkušební cyklus EFT testu motoru 1,2 TSI

Během zkušebního cyklu jsou na monitoru počítače zobrazovány důležité údaje o otáčkách turbodmychadla (max. 60 000 1/min), o otáčkách motoru (max. 3000 1/min), údaje o tlaku oleje (0,3 - 0,4 MPa), teploty oleje (20 °C) a celkové doby měření (50 s.).

Po dokončení zkušebního cyklu je na ovládacím panelu signalizováno ukončení testování barevným označením MOTOR iO zelenou barvou (test v pořádku a

motor může pokračovat na další operaci) nebo označením MOTOR niO červenou barvou (špatný test a motor pokračuje na repasní pracoviště k opravě). Při nevyhovujícím testu, když se jedná např. o nesprávně zapojený snímač nebo jiný menší problém, který obsluha stroje pozná z hlášení počítače, se zpravidla motor vrací 3x, někdy i 4x do zkušebního prostoru EFT testu, než se odešle na repasní pracoviště k opravě. Dále se od motoru postupně odpojí adaptéry paliva, svazek elektrické instalace a nakonec adaptér pro snímání tlaku a teploty oleje.

Měření parametry na EFT testu

- 1) Tlak v sacím a výfukovém potrubí každého válce
- 2) Moment každého válce potřebný k protočení motoru (měření pasivních odporů)
- 4) Statický, dynamický tlak oleje a teplota oleje
- 5) Signál ze snímače otáček/polohy klikové a vačkové hřídele (kontrola rozvodu)
- 6) Měření vibrací v hlavě válců a bloku motoru
- 7) Zkouška zapalování každého válce
- 8) Měření tlaku paliva v nízkotlakém a vysokotlakém palivovém okruhu
- 9) Test turbodmychadla (měření otáček laserem, kontrola obtokového ventilu)
- 10) Zkouška senzorů a akčních členů (měření proudů, napětí, odporů apod.)

| Kontrola funkce | Měřená veličina |
|--|-----------------|
| odvzdušňovací ventil AFK | proud |
| ovládání ventilu vysokotlakého palivového čerpadla | napětí |
| test čerpadla chladicí kapaliny | proud |
| senzor teploty chladicí kapaliny | napětí |
| senzor vstřikovacího systému palivové lišty | tlak |
| kontrola vstřikovacích ventilů | odpor |
| senzor teploty nasávaného vzduchu | odpor |
| senzor tlaku nasávaného vzduchu | tlak |
| senzor teploty nasávaného vzduchu procházejícího škrticí klapkou | odpor |
| senzor tlaku nasávaného vzduchu procházejícího škrticí klapkou | tlak |
| vyhodnocení zapalování 1/4 válce a 2/3 válce | napětí |
| senzor klepání | napětí |
| vyhodnocení škrticí klapky a el. ovládaného obtokového ventilu turba | napětí, proud |

Tab.05: Měřené veličiny senzorů akčních členů u motoru 1,2 TSI na EFT testu

4.2.5 Hottest

Hottest je funkční zkouška motoru, která probíhá na zkušebním zařízení, které měří funkční vlastnosti motoru. Motor je připojen k vřetenovému pohonu s regulovaným asynchronním motorem a je naplněn provozními kapalinami (benzin, chladicí kapalina) a je k němu připojeno výfukové potrubí. Motor je nastartován a v automatickém cyklu trvajícím 200 s jsou zkoušeny základní parametry motoru při různých provozních režimech.

Po přijetí do vykládacího místa stanice se nejprve provede vizuální kontrola úplnosti montáže motoru. Pomocí jeřábu se motor přemístí z montážní palety do zkušební stanice a poté pracovník zkontroluje dávku motorového oleje (pomocí olejové měrky). Na motor se pak postupně připojí vývody elektrického svazku motoru, které se připojí do adaptéru stanice, dále výfukové potrubí, přívod a odvod chladicí kapaliny na skříň termostatu a na ostatní vývody se nasadí zaslepovací ucpávky, na vstup sání turbodmychadla se nasadí hadice k tlumiči nasávaného vzduchu, přívod paliva a nakonec dojde k zaslepení hrdla podtlaku na škrťací klapce.

Motor se upne a vysune se ochranný kryt setrvačníku. Poté se spustí zapalování a automaticky dojde k procesu plnění motoru chladicí emulzí a benzinem. Následně se automaticky vysune hnací hřídel a motor se nastartuje. V případě vzniku závady (např. motor nejde nastartovat), kterou nelze ve stanici opravit, se motor odešle jako niO do repasního pracoviště.

Na konci testu se spustí automatický cyklus naklopení zkušební stolice do vylévací polohy 50° a následné vyprázdnění motoru, kdy se z motoru automaticky vyfoukne chladicí směs a benzin pomocí stlačeného vzduchu 1,2 až 1,4 bar a zároveň se kapalina odsává vakuovým čerpadlem po dobu asi 40 s. Po skončení funkční zkoušky a vypnutí motoru se odpojí svazek elektrické instalace, přívodní hadice vodního prostoru, z vypnutého motoru se odpojí výfukové potrubí a nakonec dojde k odpojení přívodu paliva. Pomocí funkčních plastových zátek se postupně uzavřou otvory a vývody na motoru. Na konci testu jsou z diagnostiky motoru odeslána data o funkční zkoušce do datového nosiče montážní palety. Pomocí jeřábu se motor uloží zpět ze zkušební stanice na montážní paletu a pracovník si do sešitu zaznamenává výrobní číslo motoru a případné závady na motoru. [13]

| Režim | Popis - otáčky motoru na monitoru | Otevření škrticí klapky | Čas [s] | Točivý moment [Nm] |
|--------|---|-------------------------|---------|--------------------|
| 1. | 980 1/min - start motoru | 7% | 10 | 17 |
| 2. | 980 1/min - reset elektronické řídicí jednotky | 7% | 4 | 17 |
| 3. | 1500 1/min - 1. zahřívací krok | 20% | 7 | 19 |
| 4. | 2000 1/min - 2. zahřívací krok | 23% | 15 | 17 |
| 5. | 2500 1/min - 3. zahřívací krok | 26% | 20 | 20 |
| 6. | 3000 1/min - 1. krok zvýšené zátěže | 28% | 25 | 30 |
| 7. | 2500 1/min - 2. krok zvýšené zátěže | 34% | 5 | 90 |
| 8. | 2000 1/min - 3. krok zvýšené zátěže | 38% | 10 | 120 |
| 9. | 2000 1/min - test plného zatížení | 100% | 15 | 160 |
| 10+11. | 800 1/min - přechod na volnoběh | 0% | 6 | 0 |
| 12. | 800 1/min - vysunutí hřídele | 0% | 4 | 0 |
| 13. | 800 1/min - volnoběh | 0% | 35 | 0 |
| 14. | čtení chyb z elektronické řídicí jednotky | | 5 | |
| 15. | vypnutí zapalování | | 2 | |
| 16. | zapnutí zapalování | | 2 | |
| 17+18. | čas ustálení | | 21 | |
| 19. | start měření rozdílu poklesu tlaku v nízkotlaké palivové části okruhu | | 1 | |
| 20. | start měření rozdílu poklesu tlaku ve vysokotlaké palivové části okruhu | | 1 | |
| 21. | měření rozdílu tlaku | | 15 | |
| 22. | stop měření rozdílu poklesu tlaku v nízkotlaké palivové části okruhu | | 1 | |
| 23. | stop měření rozdílu poklesu tlaku ve vysokotlaké palivové části okruhu | | 1 | |

Tab.06: Zkušební cyklus Hottestu motoru 1,2 TSI

5 Technická diagnostika

5.1 Požadavky na diagnostiku

V současné době jsou kladeny stále větší požadavky na spolehlivost, životnost, bezporuchovost a kvalitu technických zařízení při jejich rostoucí složitosti. Dnešní doba vyžaduje snižování ekonomických nákladů na provozní údržbu, a to lze splnit pouze s využitím moderních diagnostických přístrojů. Hlavním úkolem diagnostiky je zjistit vzniklou poruchu a na základě citlivé detekce a lokalizace všech změn ve struktuře objektu a ve změnách jeho chování předcházet vznikajícím závadám. Diagnostika je odvozena od slova „dia-gnosis“, což v řeckém jazyce znamená „skrze poznání“. Technická diagnostika se zabývá metodami a prostředky zjišťování technického stavu objektu. Technickou diagnostikou se většinou rozumí diagnostika bezdemontážní a nedestruktivní. Je důležité si uvědomit, že diagnostika nemá za úkol pouze přesně změřit určitou fyzikální veličinu, ale především posoudit a stanovit vývoj technického stavu a zajistit tak eventuální další provozuschopnost bez poruchy. Technickou diagnostiku je výhodné aplikovat pouze v tom případě, bude-li mít pozitivní přínos pro uživatele diagnostického objektu. Obecně platí, že technická diagnostika je výhodná v tom případě, pokud úspory spojené s použitím diagnostiky převyšují náklady na diagnostiku samotnou.

5.2 Diagnostika PSM

Vývoj diagnostických přístrojů pro diagnostiku motoru jako celku nebo jeho funkčních částí vede k plně automatizovaným přístrojům. To má za úkol jednak urychlit průběh celkové diagnostiky a potom vést ke správnému posouzení celkového stavu motoru včetně jeho funkčních částí. Současné automobily jsou již přizpůsobeny k těmto úkonům z hlediska jejich konstrukce tak, že mají zabudovány přípojky pro diagnostické přístroje tzv. motortestery. Normalizované zástrčky slouží pro připojení diagnostiky a jejich pomocí je možno provést celkovou diagnostiku motoru i jeho funkčních částí, zapalování, vstřikování paliva atd. Řídicí systémy motoru mají ve své elektronické části zabudované paměti závad, které usnadní po otevření a načtení, rychle odhalit zdroj závady a její příčinu.

Základními metodami pro hledání závad jsou vnitřní diagnostika (čtení chybových kódů a test akčních členů) a vnější diagnostika (měření elektrických veličin pomocí multimetru a osciloskopu).

5.2.1 Vnitřní diagnostika

Vnitřní diagnostika je komunikace s elektronickou řídicí jednotkou prostřednictvím zařízení k tomu určených - tzv. motortesterů, umožňujících čtení chybových hlášení (světelným kódem nebo datovými proudy), diagnózu sledováním hodnot měřených a zprostředkovaných samotnou řídicí jednotkou.

Vnitřní diagnostika zahrnuje test elektronických systémů řízení motoru pomocí komunikace s řídicí jednotkou:

- zobrazení polohy a zapojení diagnostické zásuvky
- vyčtení paměti závad
- vymazání paměti závad
- skutečné hodnoty (možnost zobrazení a záznamu více hodnot současně)
- test akčních členů
- základní nastavení

Ve Škoda Auto na pracovišti Hottestu pro motor 1,2 TSI je pro komunikaci s elektronickou řídicí jednotkou zastoupen diagnostický přístroj V.A.G. 1552.

Nevýhodou může být, že metoda hledání závady čtením chybových hlášení k cíli vede jen tehdy, je-li hlášená závada přímou příčinou poruchy. Řídicí jednotka totiž sama nemyslí, ale pouze programově hlásí, co do ní bylo při její výrobě naprogramováno. Vychází pak pouze z předem naprogramovaných povolených hraničních hodnot, které byly stanoveny jako mezní na základě výpočtů, testů a zkušeností. Chybové hlášení pak zní pouze jako definice nějakého předpokládaného stavu, který je nutný ověřit. O hodnotách měřených a zprostředkovaných řídicí jednotkou lze říci totéž.

5.2.2 Vnější diagnostika

Vnější diagnostika zahrnuje snímání a vyhodnocování dat, které mají různou podobu. Mohou to být elektrické výstupy (napětí, proud nebo odpor), teploty, otáčky, tlaky, časy nebo chemické složení plynů a kapalin. Veškeré měřené veličiny jsou veličiny fyzikální.

Diagnostika spočívající v měření průběhu napětí jednotlivých snímačů nebo akčních členů je velice důležitá. Tato diagnostika umožňuje přesné měření průběhu napěťových signálů jednotlivých snímačů a akčních členů motoru digitálním osciloskopem. Tento způsob je velmi účinný prostředek k rychlému vyhledání závady v elektronice motorů, ale není zde možné komunikovat s řídicí jednotkou. Z toho je zřejmé, že pro profesionální provádění diagnostiky jsou potřeba oba způsoby.

Základními přístroji používanými při diagnostice motoru a vozidlových systémů jsou multimetry a osciloskopy.

Multimetr

Multimetr je víceúčelový univerzální přístroj, který slouží pro měření základních elektrických veličin - napětí, proudu a odporu. Na analogovém multimetru je měřená hodnota udávána výchylkou ručky. Na digitálním multimetru je měřená hodnota zobrazována jako číselný údaj. Velký počet měření na motorech je z důvodu snadné čitelnosti prováděno pomocí digitálních multimetrů.

Osciloskop

Osciloskop je univerzální diagnostický přístroj, který umožňuje sledovat krok za krokem skutečné děje v elektronických obvodech vozidla. Osciloskop ale také přináší větší požadavky na obsluhu a to detailní znalosti principů fungování jednotlivých systémů. Osciloskopem jsou vyšetřované děje zviditelněny na obrazovce (např. průběhy napětí). Osciloskop může být použit jako samostatný testovací systém, většinou ale bývá součástí motorového testeru. Funkce osciloskopu spočívá v horizontálním a vertikálním vychylování elektronického paprsku, který dopadá na stínítko pokryté fluorescenční hmotou. V dnešní době jsou automobilové osciloskopy nahrazovány tzv. signálními rekordéry. [5, 12, 17]

6 Hottest motoru 1,2 TSI

Hottest je funkční zkouška motoru, při které dochází k nastartování vybraného počtu motorů za podmínek blízkých skutečnému provozu v automobilu. To umožňuje důkladné prověření celého motoru nejen z hlediska správné montáže všech komponentů, ale také funkce všech součástí motoru včetně elektroniky. Test probíhá na zkušebním zařízení, které měří základní parametry motoru při různých provozních režimech a zatíženích. Motor je připojen k vřetenovému pohonu dynamometru a je naplněn provozními kapalinami (benzin, chladicí kapalina) a je k němu připojeno výfukové potrubí.

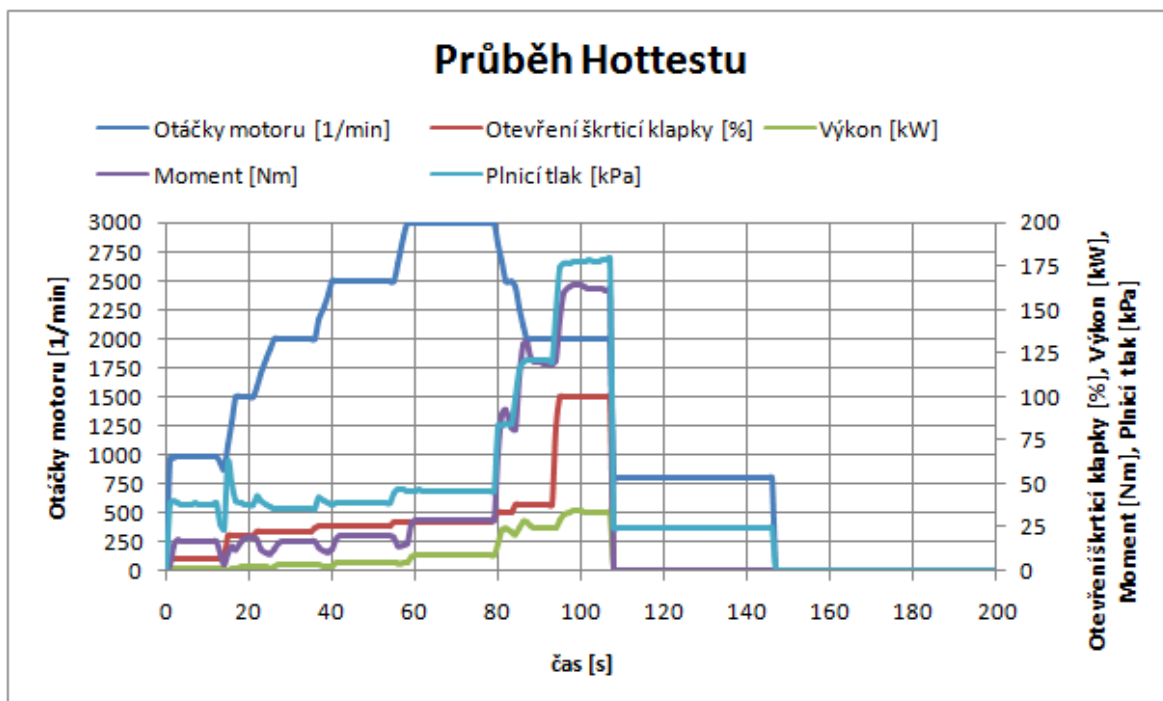
Cílem Hottestu už není jako v minulosti 100% kontrola každého motoru. Jedná se o statistickou kontrolu vždy jednoho motoru z určité sorty (skupiny motorů). Předpokladem je, že všechny tyto motory prošly stejnými podmínkami výroby i stejnými zkouškami během výroby. Aktuálně se zkouší přibližně 4% vyrobených motorů z časových, kapacitních a především finančních důvodů.

Na motor se postupně připojí vývody elektrického svazku motoru a spojí se s adaptérem stanice, který nahrazuje elektronickou řídicí jednotku Continental Simos 10.1, která se nachází v automobilu. Dále se připojí výfukové potrubí, přívod a odvod chladicí kapaliny na skříň termostatu a na ostatní vývody se nasadí zaslepovací ucpávky, na vstup sání turbodmychadla se nasadí hadice k tlumiči nasávaného vzduchu, přívod paliva a nakonec dojde k zaslepení hrdla podtlaku na škrticí klapce.

Během funkční zkoušky se pracovníkem Hottestu praktikují objektivní a subjektivní metody diagnostiky. Objektivní metodou diagnostiky se rozumí sledování (na ovládacím panelu Siemens a na zkušebním softwaru CMS) výstražných upozornění a chybových hlášení čtením elektronické řídicí jednotky motoru, kterou obstarává diagnostický přístroj V.A.G. 1552. Subjektivní metoda diagnostiky je zastoupena vizuální kontrolou úplnosti montáže motoru, sledováním těsností a případného úniku oleje, paliva a chladicí kapaliny z motoru a poslechovou kontrolou hlučnosti chodu motoru při různých otáčkových režimech.

Hodnocené parametry při Hottestu na motoru 1,2 TSI

- 1) Otáčky motoru
- 2) Úhel otevření škrticí klapky
- 3) Výkon motoru
- 4) Točivý moment motoru
- 5) Poloha natočení vačkové hřídele vůči klikové hřídeli (kontrola rozvodu)
- 6) Teplota a tlak vzduchu v sání za mezichladičem plnicího vzduchu
- 7) Teplota chladicí kapaliny na vstupu a výstupu motoru
- 8) Tlak paliva v palivové liště
- 9) Teplota a tlak oleje



Obr.12: Průběh nejdůležitějších měřených parametrů Hottestu na motoru 1,2 TSI v čase

6.1 Analyzované závady motorů na Hottestu

Pracoviště Hottestu motoru 1,2 TSI jsou vytížena určitým počtem motorů za směnu. Tento počet je rozdělen mezi dvě stanice, na kterých se motory zkouší. Současný trend je tvořen jednak pravidelnou zkouškou přibližně 4% všech vyrobených motorů. Zbytek je tvořen těmi motory, které se kontrolují po repasní opravě, nebo které neprošly zkouškou na EFT testu a u nichž nebyla odhalena přesná příčina závady.



Obr.13: Motor 1,2 TSI na pracovišti Hottestu při funkční zkoušce

Nejčastěji analyzované závady na Hottestu

- Vynechávání zapalování motoru (vadné vstřikovací ventily, vadný snímač tlaku paliva, poškozený zapalovací modul, vadný snímač otáček klikové hřídele, poškozené zapalovací kabely)
- Vadné ovládání škrticí klapky motoru
- Závady na vysokotlakém palivovém čerpadle (nízký tlak čerpadla, hlučný chod čerpadla, únik paliva z čerpadla)
- Závady spojené s chodem turbodmychadla (netěsnost chlazení a následný únik chladicí kapaliny trubkou chlazení, hlučný chod při změně otáček - dochází k rezonanci, vadné ovládání obtokového ventilu)
- Únik paliva vlivem netěsností

6.2 Nedostatky testování motorů na Hottestu

Nevýhodou subjektivních diagnostických metod při testování motorů na Hottestu je to, že jejich vyhodnocení je závislé na konkrétním pracovníkovi, který zkoušku provádí. Zároveň takto získaná data nelze ukládat pro další zpracování, porovnávání a statistické vyhodnocování. Je také nutné věnovat pozornost podmínkám zkoušení. Motor se zkouší ihned po dokončení jeho montáže. Proto zde chybí ostatní součásti vozidla, na kterých je jeho chod závislý, jako je např. sací a výfukové potrubí nebo elektronická řídicí jednotka. Tyto prvky jsou však pro spuštění motoru nezbytné a musí být vhodným způsobem nahrazeny. Mezi ně může být zařazeno nahrazení chybějících signálů náhradními hodnotami. Všechny tyto zásahy ovlivňují chod motoru a způsobují odlišnosti od jeho provozu ve skutečném automobilu, což může být pro kvalitní prověření motoru na Hottestu problematické. Pro přeplňovaný motor 1,2 TSI je z hlediska výkonových parametrů motoru důležitá bezchybná funkce plnicího agregátu. Jde zejména o hodnoty plnicího tlaku a rychlosti změny plnicího tlaku při změně zatížení motoru. [13]

6.3 Možnosti optimalizace testování motorů na Hottestu

Vnější diagnostika není v současné době při testování motorů na Hottestu zavedena. Využívá se pouze vnitřní diagnostiky jako objektivní metody diagnostiky a subjektivní metody diagnostiky vyškoleným pracovníkem.

Bylo by proto vhodné rozšířit testování motorů na Hottestu použitím vnější diagnostiky o měření dalších důležitých parametrů zpřesňující stav motoru. Jedná se v zásadě o ty parametry, které jsou snadno měřitelné a mají velkou vypovídající schopnost nejen o stavu motoru, ale i o procesech probíhajících během celé výroby motorů. Ukládáním získaných dat a jejich statistickým vyhodnocováním by se umožnilo sledování všech vznikajících odchylek a byla by tak možnost včas na tyto skutečnosti reagovat.

Vnější diagnostika, spočívající v měření průběhu napětí jednotlivých snímačů nebo akčních členů, je velice důležitá. Tato diagnostika umožňuje přesné měření průběhu napěťových signálů jednotlivých snímačů a akčních členů motoru digitálním paměťovým osciloskopem. Tento způsob je velmi účinný prostředek k rychlému vyhledání závady v elektronice motorů a s doplněním stávající vnitřní diagnostiky zavedené na Hottestu by se testování a kontrola motorů zkvalitnila.

7 Návrh změn v technologii Hottestu

K přesnějšímu posouzení stavu zkoušeného motoru na Hottestu lze doporučit zavedení zkoušek zapalování a kontroly nejdůležitějších snímačů a akčních členů.

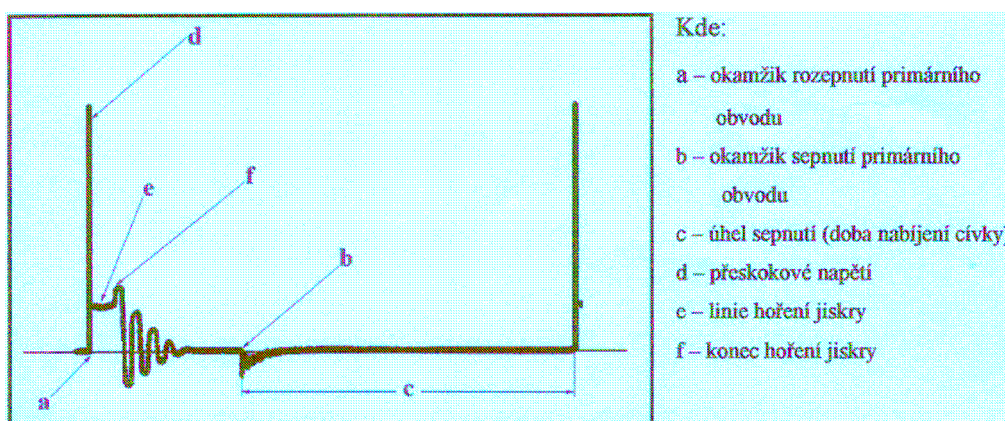
7.1 Zkouška zapalování

Cílem zkoušky zapalování je myšleno sledování průběhu elektrických veličin, tj. napětí a proudu v reálném čase na sekundárním vinutí zapalovacího modulu při nastartovaném motoru pomocí osciloskopu. Zkouška dává možnost posouzení stavu všech součástí zapalování především zapalovacího modulu, zapalovacích kabelů a svíček, na kterých se již v minulosti několikrát vyskytovaly závady.

7.1.1 Primární a sekundární okruh zapalování

Průběh napětí a proudu v primárním a sekundárním okruhu zapalování patří mezi významné souhrnné diagnostické signály. Použitím osciloskopu můžeme zjistit nejen závady v oblasti zapalování, ale i v systému vstřikování či jinou mechanickou závadu. Princip zapalovacího systému je založen na elektromagnetické indukci. Pokud přerušíme obvod primárního vinutí, kterým protékal proud, indukuje se napětí na sekundárním vinutí cívky.

V praxi nejčastěji sledujeme průběh napětí na sekundáru při vysokonapěťovém výboji na elektrodách zapalovací svíčky.



Obr.14: Průběh napětí na sekundárním vinutí cívky

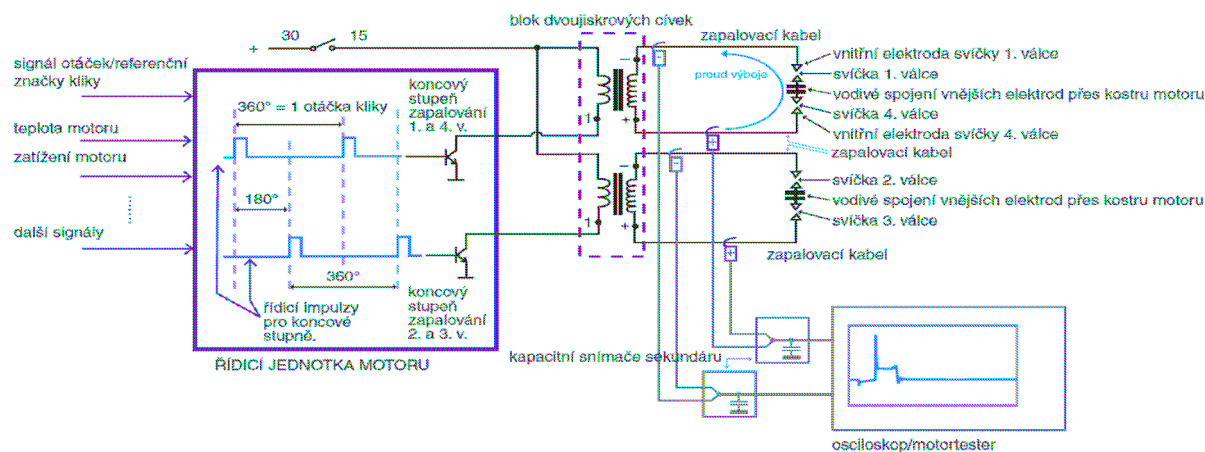
Okamžik rozepnutí primárního vinutí určuje elektronická řídicí jednotka (EŘJ) motoru. EŘJ využívá signály ze snímače otáček motoru, polohy vačkové hřídele, tlaku v sání, klepání, teploty atd. Na velikost přeskokového napětí na elektrodách zapalovací svíčky působí prostředí, kde vysokonapěťový výboj probíhá.

Na snížení přeskokového napětí má vliv snížení tlaku ve spalovacím prostoru, zvýšení bohatosti směsi (vyšší vodivost), menší vzdálenost elektrod na zapalovací svíčke, větší teplota elektrod a menší předstih zapálení směsi.

Pozorováním průběhů zapalovacích signálů a jejich analýzou lze tak odvodit souvislosti vztahující se k plnění válců směsí, bohatosti směsi v některých provozních režimech, úniku kompresního tlaku z válce, prasklých ventilových pružin, stavu zapalovacích svíček, vysokonapěťových zapalovacích kabelů nebo i závady vstřikovače.

7.1.2 Zapalovací modul motoru 1,2 TSI

Motor je vybaven plně elektronickým zapalováním s dvojicí „dvoujiskrových“ cívek umístěných v zapalovacím modulu, které současně vytvářejí dvě jiskry. Přitom je v jednom z válců vytvořena jiskra pracovní (na konci kompresního zdvihu) a ve druhém jiskra naprázdno (na konci výfuku), která se zapálí v prostoru překrytí ventilů. Protože jednu cívku využívá dvojice válců, tyto dvojice musí být zvoleny tak, aby byly oba písty v horní úvratí (cykly jsou vzájemně posunuty o 360°), tzn., že v jednom válci končí kompresní zdvih a v druhém končí výfuk. Proto jedna cívka ovládá vytvoření jiskry v 1. a 4. válci současně a druhá cívka ovládá vytvoření jiskry ve 2. a 3. válci současně. Obě dvoujiskrové cívky jsou střídavě řízeny jednotlivými koncovými stupni zapalování. Pořadí zapalování motoru je 1-3-4-2. Zapalovací modul slouží k vytvoření a směřování vysokého napětí prostřednictvím vysokonapěťových zapalovacích kabelů na zapalovací svíčky a je přišroubován k modulu sacího potrubí. Úkolem zapalovacího modulu je pomocí zapalovacích svíček zapálení směsi ve správný okamžik.



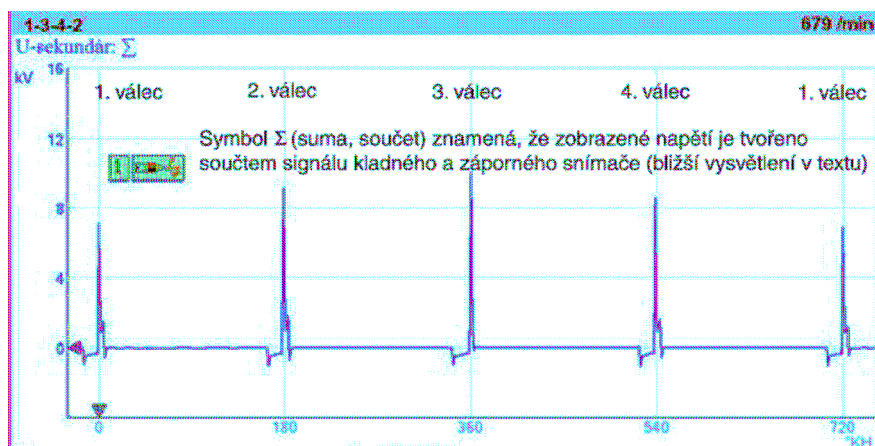
Obr.15: Schéma zapalování s dvojicí dvoujiskrových cívek a připojeným osciloskopem

7.1.3 Měření průběhu napětí na sekundárním vinutí při Hottestu

Před začátkem vlastního měření na Hottestu je nutné provést nezbytné úkony potřebné k měření průběhu napětí na sekundárním vinutí.

Předně je nutné připojit po jednom vysokonapěťovém kapacitním snímači na každý zapalovací kabel jednotlivých válců, které se připojí k osciloskopu. Měření je komplikováno tím, že zapalovací impulzy jednotlivých válců nemají stejnou polaritu (viz obr. 15). To je vyřešeno použitím dvou druhů snímačů. Jeden druh je použit na zapalovací kabely, na nichž je kladná polarita impulzů (3. a 4. válec). Na zbývající polovinu zapalovacích kabelů jsou použity snímače určené pro zápornou polaritu vysokonapěťových impulzů (1. a 2. válec). Parametry snímačů jsou shodné, jen platí, že napětí přicházející od snímačů do obvodů osciloskopu, je v případě „záporných“ snímačů převáděno na kladnou polaritu. Dalším nutným úkonem před samotným zahájením zkoušky je nastavení osciloskopu, a to jeho časové základny pro úhel 0° natočení klikové hřídele, tedy okamžik spouštění. V tomto případě bude osciloskop spouštěn (synchronizován) signálem dalšího kapacitního snímače, umístěného na zapalovací kabel 1. válce.

Pro posouzení a vyhodnocení oscilogramů musí být známy normální oscilogramy napětí na sekundárním elektrickém obvodu bezvadného zapalovacího zařízení. Velikost zapalovacích napětí na konci kompresního zdvihu by měla být na všech válcích pokud možno stejná. U odchylek větších než 4 kV je nutno zjistit příčiny. Těmi mohou být: rozdílné vzdálenosti elektrod, nerovnoměrná příprava směsi, špatný okamžik zážehu nebo přerušení v zapalovacích kabelech. Pokud to osciloskop umožňuje, může zobrazovat průběhy napětí zvlášť na kladných nebo záporných kapacitních snímačích, nebo součtové průběhy napětí. [5, 8, 10, 24]



Obr.16: Zapalovací impulzy všech válců v součtovém zobrazení při volnoběhu

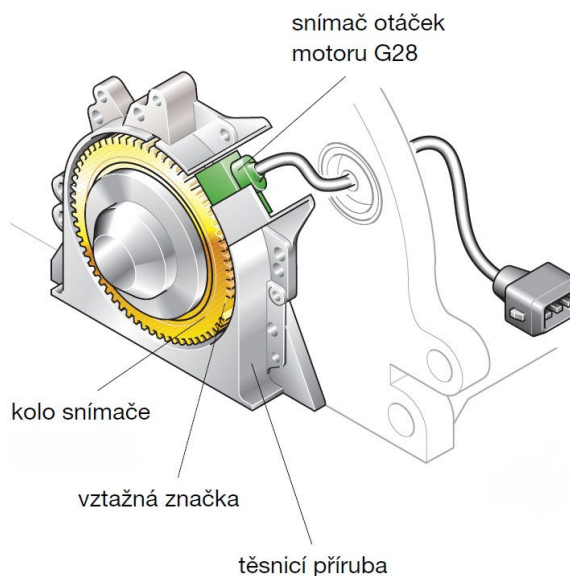
7.2 Zkouška nejdůležitějších snímačů a akčních členů

Většina snímačů a akčních členů je kontrolována na konci dokončovací montážní linky ZP4-I na EFT testu (viz tab. 05). Zkouška je založena na měření úbytku napětí při průchodu přes snímač. Pro hodnotu napětí je stanovena horní a dolní mez k posouzení výsledku zkoušky a výstupní napětí se pro jednotlivé snímače odlišují. Měření odporu umožňuje rychlé prověření dílu, pokud jde o zkrat či přerušení nebo orientační ověření jeho hodnoty v klidovém stavu. Nevýhoda této kontroly spočívá v tom, že se provádí při statickém režimu, čili před samotným roztočením motoru pomocí elektromotoru. Je to ovšem pochopitelné, protože kdyby zkouška probíhala i při dynamickém režimu na EFT testu, hrozilo by např. při otevření vstřikovačů následné nastartování motoru, což je u studeného testu nežádoucí. Při statickém režimu ovšem v některých případech není možné zcela ověřit správnou funkci většiny elektroinstalace motoru. Zkouška sice rozpozná správné zapojení svazku elektroinstalace v příslušných konektorech, to však správnou funkci nezaručuje.

Proto je vhodné zabývat se měřením těchto signálů na Hottestu, který zaručuje lepší posouzení stavu elektroinstalace během dynamického režimu při jednotlivých otáčkových režimech a zatížení motoru blízcímu se reálnému provozu v automobilu. Z průběhu napětí lze při dostatečných zkušenostech vyčíst mnoho o dějích ve spalovacím prostoru, např. zjištění závady vstřikovače. Při odhalení závady by se dalo včas na tuto skutečnost reagovat.

7.2.1 Snímač otáček motoru G28

Snímač otáček motoru je přišroubován v těsnici přírubě na bloku válců a snímá otáčky impulzního kola na klikovém hřídeli (58 zubů + referenční značka) viz obr. 17. Snímač pracuje na principu bezkontaktního Hallova jevu, což je vznik napětí v polovodičovém materiálu, jímž protéká proud za přítomnosti magnetického pole. Z toho plyne, že Hallův snímač vyžaduje ke své činnosti vnější napájecí napětí 5V.

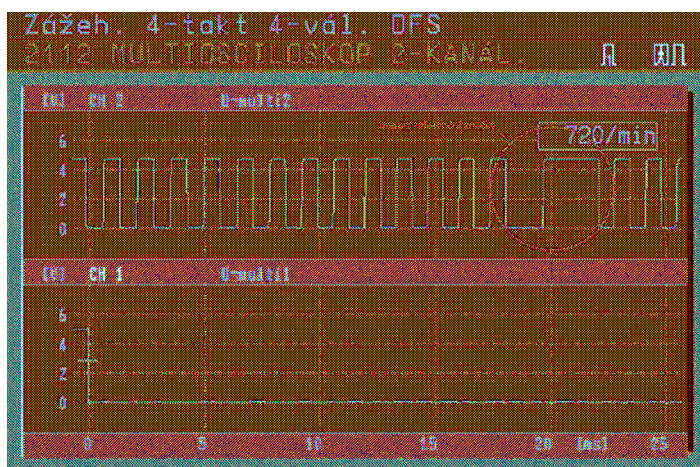


Obr.17: Snímač otáček motoru G28

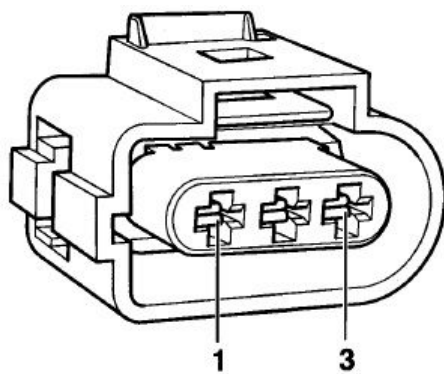
Pomocí signálu snímače se zjišťují otáčky motoru a přesná vzájemná poloha klikového a vačkového hřídele. Na základě těchto informací se stanoví množství vstřikovaného paliva a počátek vstřiku. Při výpadku signálu snímače dojde k vypnutí motoru a motor již nelze opětovně nastartovat.

Použitelnou metodou k ověření správné funkčnosti snímače otáček motoru je osciloskopické měření signálu na snímači. Skutečný signál snímače leží v rozsahu napětí 0 až +5V. Signál je tvořen obdélníkovými impulzy, tvořené vždy skokovým poklesem napětí signálu z úrovně +5V na úroveň blízkou 0V a opětovným návratem na úroveň +5V. Z průběhu signálu je rozpoznatelná referenční značka, podle které se určí jedna otáčka klikové hřídele (viz obr. 18).

Snímač otáček se připojuje 3-pólovou svorkovnicí. Pól 1 přivádí napájecí napětí ke snímači, pól 2 vede signál ze snímače do EŘJ a pól 3 je ukostření snímače (viz obr. 19). Měřicí hrot osciloskopu se připojí ke kontaktu svorkovnice na živý vodič, tedy ten, na němž se za chodu motoru objevuje signál (pól 2). Kostřící svorka osciloskopu se připojí na blok motoru. Signál snímače je nutné zaznamenávat v režimu DC (stejnoseměrná vazba) nastaveném na osciloskopu. Při diagnostice stavu motoru a snímače je vhodné porovnání volnoběžných otáček a maximálního napětí. Na základě sledování určitého počtu motorů je možné stanovit příslušnou toleranční mez pro vyhovující kontrolu snímače otáček motoru. [5, 8, 10, 18]



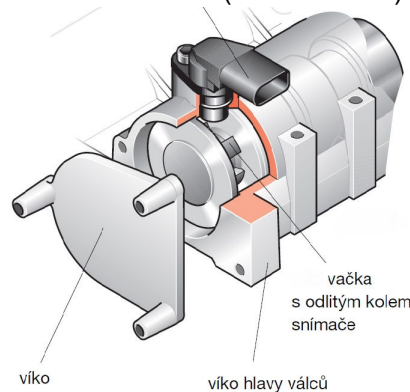
Obr.18: Ukázka signálu snímače otáček při volnoběhu s vyznačením impulsu referenční značky (v kroužku).



Obr.19: Protikus snímače otáček na kabelu k EŘJ motoru.

7.2.2 Snímač polohy vačkové hřídele G40

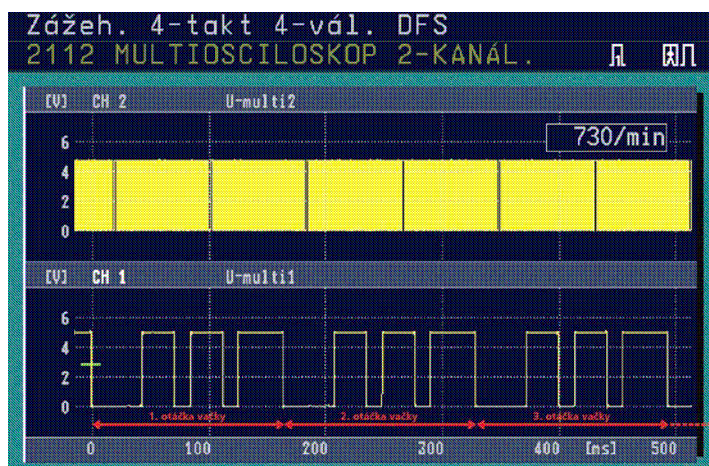
Snímač polohy pracuje stejně jako snímač otáček motoru na principu bezkontaktního Hallova jevu a je umístěn ve víku hlavy válců. Snímač zjišťuje otáčky odlitého impulzního kola (4 segmenty) na vačkové hřídeli (viz obr. 20). Pomocí snímače G40 identifikuje EŘJ motoru polohu vačkové hřídele. Na základě signálu snímače G40 je při spouštění motoru velmi rychle zjištěna poloha vačkové hřídele vůči klikové hřídeli. Společně s využitím signálu snímače otáček motoru G28 je identifikován válec, jehož píst se nachází v horní úvrati. To umožňuje přesný okamžik vstřiku paliva do příslušného válce a následný zápal.



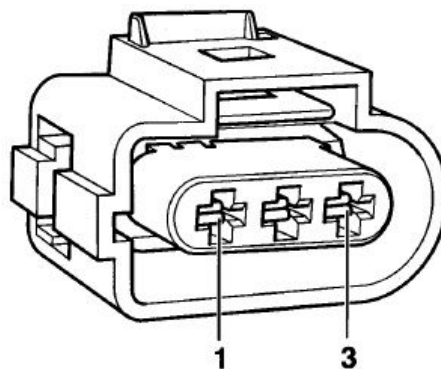
Obr.20: Snímač polohy G40

Použitelnou metodou k ověření správné funkčnosti snímače polohy je osciloskopické měření signálu na snímači podobně jako v případě snímače otáček motoru, protože oba snímače pracují na stejném principu. Vždy, když pod snímačem polohy prochází segment, vzniká napětí. Délka napěťového signálu je úměrná velikosti procházejícího segmentu. Vzniklý signál je veden do EŘJ, kde je vyhodnocen. Vzájemným porovnáním signálů klikové a vačkové hřídele lze zkontrolovat správné nastavení rozvodového mechanismu (viz obr. 21).

Postup připojení a měření na snímači polohy pomocí osciloskopu je totožný jako v předchozím případě u snímače otáček motoru (viz obr. 22). Na základě sledování určitého počtu motorů je možné stanovit toleranční mez. [5, 8, 10, 18]



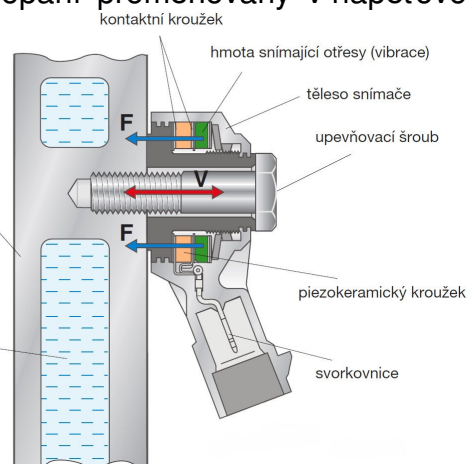
Obr.21: Ukázka signálu snímače polohy při volnoběhu



Obr.22: Protikus snímače polohy

7.2.3 Snímač klepání 1 G61

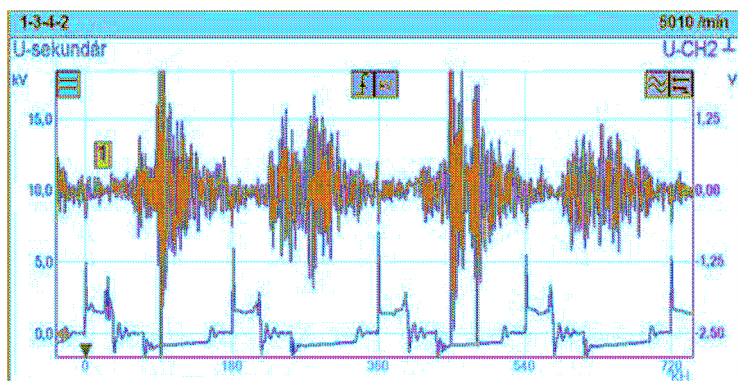
Snímač klepání je z hlediska své činnosti snímačem vibrací a je přišroubován na bloku válců (viz obr. 23). Je určen pro snímání zvuku šířícího se pevnou hmotou. Takové vibrace se vyskytují jako následek nekontrolovaného spalování, které je provázeno klepáním. Vibrace jsou snímačem klepání přeměňovány v napěťové impulzy spočívající v piezoelektrickém jevu, které jsou vysílány do EŘJ motoru. Aby se zamezilo detonačnímu spalování, regulace klepání jednotlivých válců upraví elektronické ovládání okamžiku zápalu směsi (předstih zážehu). Snímač klepání nevyžaduje ke své činnosti napájecí napětí, neboť je sám generátorem napětí bez nutnosti vnějšího napájení.



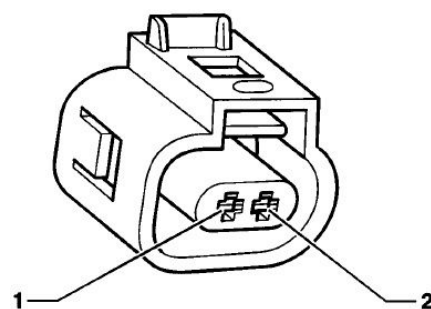
Obr.23: Snímač klepání 1 G61

Použitelnou metodou k ověření správné funkčnosti snímače klepání je osciloskopické měření průběhu napěťového signálu na snímači, přičemž pro dosažení spolehlivého vyhodnocení je vhodné zkoušet motor ve zvýšených otáčkách nad 3000 1/min a při vyšším zatížení, protože detonační spalování vzniká až při vyšších tlacích a teplotách ve spalovacím prostoru (viz obr. 24).

Snímač klepání se připojuje 2-pólovou svorkovnicí. Pól 1 je ukotření snímače a pól 2 vede signál ze snímače do EŘJ motoru (viz obr. 25). Měřicí hrot osciloskopu se připojí ke kontaktu svorkovnice na živý vodič, tedy ten, na němž se za chodu motoru objevuje signál (pól 2). Kostřící svorka osciloskopu se připojí na blok motoru. [5, 8, 10, 19]



Obr.24: Ukázka signálu snímače klepání (červený signál)



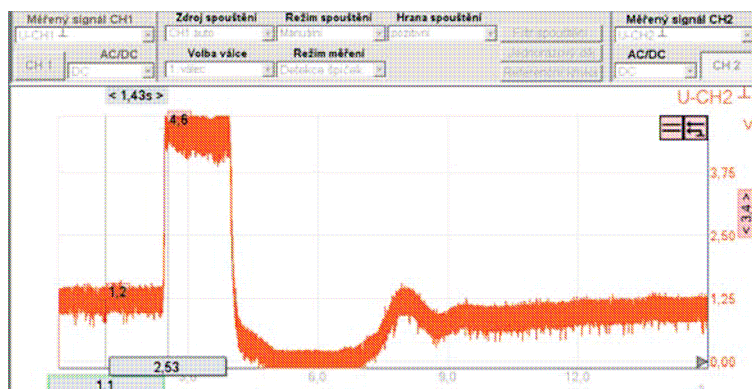
Obr.25: Protikus snímače klepání

7.2.4 Snímač tlaku nasávaného vzduchu G71 se snímačem teploty nasávaného vzduchu G42

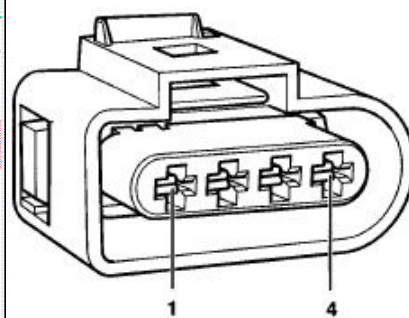
Snímač je umístěn v sacím potrubí za mezichladičem plnicího vzduchu, kde měří tlak a teplotu a vypovídá o stavu zatížení motoru. Ze signálu tohoto snímače a z otáček motoru vyhodnocuje EŘJ množství vzduchu. V závislosti na vyhodnoceném množství vzduchu se podle datového pole uloženého v EŘJ motoru plnicí tlak reguluje a zvyšuje až na maximální hodnotu 0,21 MPa. Snímač vyžaduje ke své činnosti napájecí napětí o velikosti 5V.

Použitelnou metodou k ověření správné funkčnosti snímače tlaku v sání je osciloskopické měření průběhu napěťového signálu. Snímač vytváří na svém výstupu napěťový signál v rozsahu 0 až +5V. Při dosažení spodní hranice měřicího rozsahu tlaku bude na výstupu napětí blízké 0V, stejně tak při dosažení maximálního možného tlaku v sání se bude výstupní napětí snímače opět jen blížit k hodnotě +5V. To, že není zobrazena tenká čára, nýbrž široký pruh, je způsobeno rychlými pulzacemi tlaku v sání, vznikajícími v důsledku otevírání a zavírání sacích ventilů (viz obr. 26).

Snímač se připojuje 4-pólovou svorkovnicí. Pól 1 je ukostření snímače, pól 2 vede signál ze snímače teploty do EŘJ motoru, pól 3 přivádí napájecí napětí ke snímači a pól 4 vede signál ze snímače tlaku do EŘJ motoru (viz obr. 27). Měřicí hrot osciloskopu se připojí ke kontaktu svorkovnice na živý vodič, tedy ten, na němž se za chodu motoru objevuje signál (pól 4). Kostřící svorka osciloskopu se připojí na blok motoru. Při diagnostice snímače je vhodné porovnání volnoběžných a zvýšených otáček. [5, 8, 10, 24]



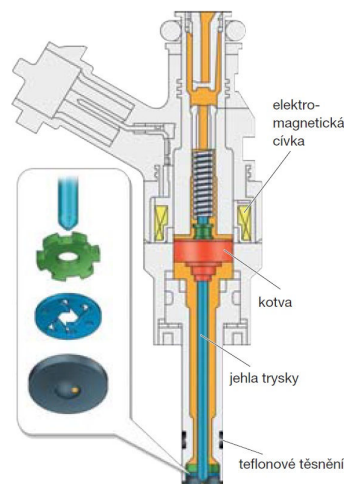
Obr.26: Ukázka signálu snímače tlaku v sání při prudké akceleraci



Obr.27: Protikus snímače

7.2.5 Vstřikovací ventily N30, N31, N32, N33

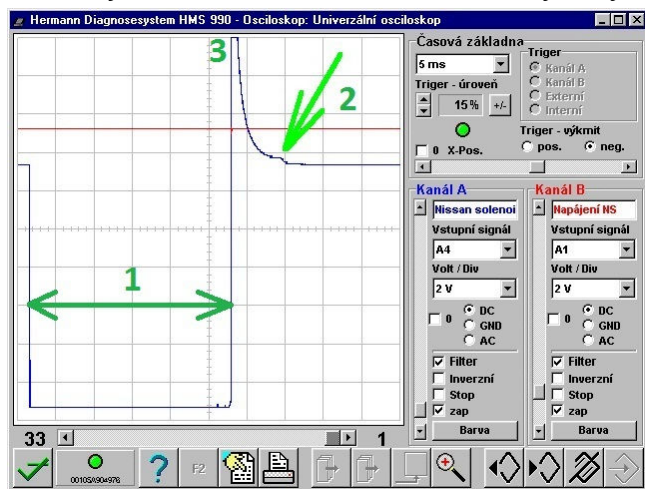
Vysokotlaké vstřikovací ventily jsou zasunuty do hlavy válců ze strany sání motoru a jsou ovládány napěťovými impulzy z EŘJ podle pořadí zápalu 1-3-4-2. Pokud je rozpoznána vada (vynechávání) vstřikovacího ventilu, není již nadále ventil EŘJ aktivován a motor pracuje pouze na tři válce. Vstřikovací ventily vyžadují ke své činnosti napájecí napětí o velikosti 50-90V dodávané prostřednictvím EŘJ.



Obr.28: Vstřikovací ventil

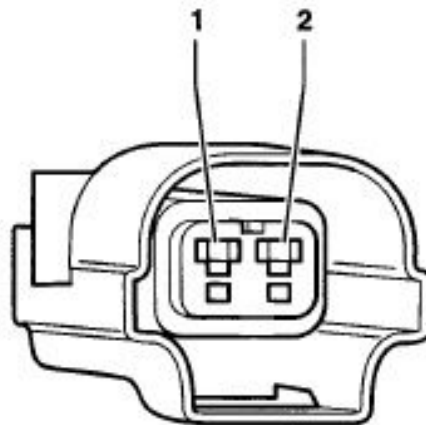
Výsledná křivka zobrazuje průběh napětí na vstřikovacím ventilu (viz obr. 29). Osciloskopem lze zjistit mechanický stav ventilu sledováním doby vstřiku (1) a induktivních napěťových zámků (2). Zámků vzniká dosednutím jehly do sedla při zavření ventilu. Pohyb jehly musí mít stejné dynamické vlastnosti při každém pohybu. Zároveň musí být tato charakteristika stejná s ostatními ventily motoru. Napěťová špička průběhu vzniká v důsledku odstraňování magnetického pole (3). Délka vstřiku se zvětšuje se zatížením a je úměrná vstřikovanému množství paliva. Porovnáním se vzorovou křivkou je možno rozeznat závady na vstřikovači.

Vstřikovací ventily se připojují 2-pólovou svorkovnicí. Pól 1 vede signál a pól 2 přivádí napájecí napětí (viz obr. 30). Měřicí hrot osciloskopu se připojí ke kontaktu svorkovnice na živý vodič, tedy ten, na němž se za chodu motoru objevuje signál (pól 1). Kostřicí svorka osciloskopu se připojí na blok motoru. Při diagnostice stavu ventilů je vhodné zkusit motor ve zvýšených otáčkách a při vyšším zatížení.



Obr.29: Ukázka průběhu napěťového signálu na vstřikovači

[6, 8, 9, 20]



Obr.30: Protikus snímače

8 Aplikace navrhovaných zkoušek na Hottest

Následující kapitola se zabývá volbou vhodné měřicí techniky, přípravou a vyhodnocováním navrhovaných zkoušek, volbou vhodného umístění měřicí techniky, časovou náročností navrhovaných zkoušek a ekonomikou projektu.

8.1 Volba vhodné měřicí techniky

Pro získání dalších údajů o motoru prostřednictvím navrhovaných zkoušek je nutné dovybavit pracoviště Hottestu další měřicí technikou, jako je signální rekordér, notebook s příslušným programovým vybavením a další příslušenství nutné k realizaci zkoušek na motoru.

8.1.1 Signální rekordér TEXVIK DS

TEXVIK DS je osmikanálový signální rekordér pracující s technologií zápisu naměřených dat na pevný disk připojeného počítače (PC). Rekordér se k PC připojuje prostřednictvím rozhraní USB, kterým je i napájen. Uložená data na pevném disku PC je možné kdykoliv vyvolat i bez připojeného rekordéru na kterémkoliv PC s nainstalovaným, volně stažitelným programem a doba nahrávání je omezena pouze velikostí disku PC. Program umožňuje monitorovat, měřit a zaznamenávat sledovaný signál v reálném čase a jako výstupní formáty poskytuje binární soubor nebo obrázek ve formátu JPEG. Největší předností přístroje je možnost nahrávat na pevný disk PC nepřetržitý záznam v plné vzorkovací frekvenci 10 MHz na kanál. Rozměry přístroje jsou 57 x 175 x 175 mm.



Obr.31: Osmikanálový signální rekordér TEXVIK DS

8.1.2 Přenosný počítač (Notebook)

Notebook s příslušným programovým vybavením bude umístěn ve stanici Hottestu společně s osmikanálovým rekordérem TEXVIK DS, se kterým bude propojen pomocí rozhraní USB. Notebook s nainstalovaným programem bude sloužit k zobrazení vyhodnocených zkoušek a prostřednictvím síťového propojení budou data odesílána na centrální server k archivaci do pevného počítače v kanceláři mistrů montážní linky. Příslušný program pracuje pod operačními systémy Windows 98 SE, Windows Me nebo Windows 2000/XP/Vista(32bit)/Win7(32bit).

Minimální požadavky na notebook v závislosti na požadavku rekordéru jsou Pentium IV, CPU 2 GHz, RAM 1 GB, HDD 10 GB UDMA 100, port USB 2.0, video adaptér SVGA AGP. Pro činnost programu v režimu reálného času je třeba, aby zařízení USB-rekordéru bylo připojeno k USB portu počítače. [9]

8.1.3 Příslušenství k signálnímu rekordéru

K provedení navrhovaných zkoušek je nezbytné toto příslušenství:

- 1x adaptér pro snímání sekundárního okruhu zapalování
- 5x sekundární snímač pro získání průběhu zapalovacího napětí
- 8x měřicí hroty dlouhé
- 1x sada měřicích kabelů pro signální rekordér TEXVIK DS

8.2 Příprava navrhovaných zkoušek

Postup měření navrhuji realizovat během stávajícího zkušební cyklu Hottestu motoru 1,2 TSI (viz tab. 06 v bodě 4.2.5). Pro uskutečnění měření je dostupných 8 kanálů rekordéru. Vzhledem k omezenému počtu kanálů tedy není možné během teplého testu při stávajícím zkušebním cyklu prověřit všechny navrhované zkoušky. Jako minimum pro důkladné prověření motoru proto doporučuji zaměřit se především na tyto zkoušky (viz tab. 07).

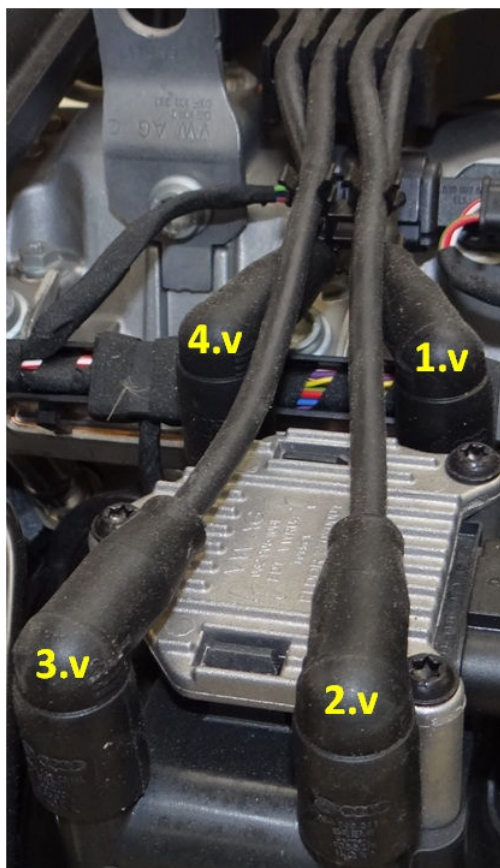
| | |
|--|----------------------|
| Zkouška zapalování | kanály č. 1, 2 |
| Zkouška snímače otáček motoru G28 | kanál č. 3 |
| Zkouška vstřikovacích ventilů N30, N31, N32, N33 | kanály č. 4, 5, 6, 7 |
| Zkouška snímače tlaku nasávaného vzduchu G71 | kanál č. 8 |

Tab. 07: Zkoušky s návrhem zapojení do příslušných kanálů rekordéru TEXVIK DS

Přípravné práce po přijetí motoru do stanice Hottestu zůstanou zachovány. Obsluha běžně provede vizuální kontrolu úplnosti montáže motoru a další potřebné úkony (v této práci již popsáno v bodě 4.2.5). Před samotným upnutím a spuštěním motoru bude nutné provést připojení rekordéru podle navrhovaných zkoušek měření.

Příprava pro zkoušku zapalování bude provedena připojením 4 sekundárních snímačů na každý zapalovací kabel jednotlivých válců motoru. Na zapalovací kabel prvního válce se připojí ještě druhý sekundární snímač a to z důvodu trigrování (tento snímač bude určovat první válec).

5 připevněných sekundárních snímačů se připojí na adaptér pro snímání sekundárního okruhu zapalování, který se propojí s rekordérem pomocí měřicích kabelů na kanály č. 1 a č. 2 (na prvním kanálu budou zobrazeny zápaly všech 4 válců a na druhém kanálu bude zobrazeno označení prvního válce). Obsluha poté už jen zadá v programu pořadí zapalování motoru (1-3-4-2) a všechny válce budou příslušně označeny.



Obr. 32: Označení zapalovacích kabelů

Příprava pro zkoušky měřením průběhu napětí nejdůležitějších snímačů a akčních členů motoru je popsána vždy u každého snímače (v této práci již v bodě 7.2). Obsluha provede připojení měřicích hrotů na jednotlivé živé vodiče snímačů, na nichž se za chodu motoru objevuje signál. Měřicí hroty všech snímačů se propojí s měřicími kabely, které se poté připojí do příslušných kanálů rekordéru.

Měřicí hroty jsou prioritní pomůckou pro připojení měřicích vodičů. Nahrazují drahé a jednoúčelové „brake out boxy“ (paralelní odbočky), které nejsou ani z hlediska filosofie hledání závady optimální pomůckou, protože po rozpojení spoje, kde se brake out box napojuje, existuje potenciální riziko, že místo závady (ve spoji)

dojde již samotným propojením s brake out boxem k nápravě možné závady a tím k jejímu vyřazení z okruhu zjišťovaných zdrojů závad.

Ukostření rekordéru se provede připojením kostřicí svorky na blok motoru.

Po provedení výše uvedených příprav bude motor připraven pro rozšířený sběr dat a funkční zkouška motoru může být zahájena podle stávajícího programu.[8, 9, 10]

8.3 Vyhodnocování navrhovaných zkoušek

Naměřené hodnoty ze všech navrhovaných zkoušek budou zpracovány pod výrobním číslem motoru (CBZB...), vyhodnocovány porovnávací metodou a automaticky odeslány na centrální server k archivaci do pevného počítače umístěného v kanceláři mistrů montážní linky.

Porovnávací metoda je vhodná k vyhodnocování průběhů naměřených napěťových signálů prostřednictvím porovnávání se vzorovými signály bezvadných motorů. K tomuto účelu je potřeba nejprve odbrzdit určitý počet dobrých motorů (tzv. etalonů), které budou tvořit vzor pro následnou parametrizaci průběhu signálů (hodnoty napětí se musí pohybovat v zadaných tolerančních polích, kterými bude napěťový signál procházet). Stanovení vhodných mezních hodnot je klíčové z hlediska správného vyhodnocení zkoušeného motoru. Pokud bude motor vyhodnocen jako vyhovující, bude zkouška ukončena. V opačném případě při neshodě naměřených signálů se vzorovými, hodnotící program poukáže na možnou závadu na motoru. Hodnotící program je schopný pracovat v reálném čase, což umožňuje sledovat výsledky provedených měření ihned po skončení funkční zkoušky motoru. To umožňuje kontrolu měření a okamžité určení možné závady. Při takto stanovených podmínkách a vhodném zvolení mezních hodnot se předejde případnému uvolnění závadného motoru k zákazníkovi.

Zkouškou zapalování je možné odhalit při nestandardním průběhu zapalovacích impulzů např. příliš velkou vzdálenost elektrod svíčky, přerušený zapalovací kabel, vysoké přeskokové napětí jiskry způsobené vysokými tlaky ve válci nebo příliš chudou směsí paliva se vzduchem (např. vlivem závady vstřikovacího ventilu).

Zkouškou snímače otáček motoru G28 je možné odhalit případnou nerovnoměrnost chodu motoru, projevující se v části cyklu snížením úhlové rychlosti otáčení klikové hřídele z důvodu např. závady vstřikovacího ventilu nebo zapalovací svíčky.

Zkouškou vstřikovacích ventilů N30, N31, N32, N33 je možné odhalit závadu na vstřikovači způsobenou např. ucpáním vstřikovacího ventilu.

Zkouškou snímače tlaku nasávaného vzduchu G71 je možné odhalit případné odchylky průběhu tlaku v sání motoru. Ty mohou být zaviněny především špatným ovládáním škrticí klapky a dalšími součástmi sací soustavy motoru (netěsností soustavy, špatným ovládáním obtokového ventilu turbodmychadla). [8, 10]

8.4 Volba vhodného umístění měřicí techniky

Pro vhodné umístění měřicí techniky ve stanici Hottestu doporučuji zvolit menší pojízdný stolek s dvoupatrovým stojanem, na kterém bude umístěn osmikanálový signální rekordér TEXVIK DS a notebook. Pojízdný stojan je vhodný zejména z toho důvodu, aby při probíhajícím měření nebyla obsluha limitována pohybem po stanici. Měřicí kabely budou zavěšeny na boku stojanu k okamžitému použití při přípravě měření na motoru.

8.5 Časová náročnost navrhovaných zkoušek

Časový průběh funkční zkoušky po dobu 3 minut bude zachován. Příprava měření pro rozšířený sběr dat se prodlouží přibližně o 1-2 minuty (připojením měřicího příslušenství na motor a jeho propojení s rekordérem). Test se bude spouštět automaticky po spuštění motoru. Ovlivnění doby po testu bude trvat přibližně 1 minutu, během níž obsluha provede ověření všech naměřených hodnot a jejich vyhodnocení na displeji notebooku. Při výskytu závady na motoru lze dobu prodloužení testu jen těžko odhadnout v závislosti na příčině poruchy motoru. S prodloužením doby 1-2 minut je nutné počítat i na konci funkční zkoušky při odpojení příslušenství od zkoušeného motoru.

Doba testu se tak celkově prodlouží přibližně o 5 minut, což hodnotím do jisté míry jako zanedbatelné v porovnání s možností včasného odhalení případné závady.

8.6 Ekonomika projektu

Pořizovací náklady měřicí techniky včetně příslušenství dle katalogových cen jsou v následující výši:

| | |
|--|----------------|
| 1x Osmikanálový signální rekordér TEXVIK DS | 53 856 Kč |
| 1x Přenosný počítač (Notebook) – přibližná cena | 25 000 Kč |
| 1x Adaptér pro snímání sekundárního okruhu zapalování | 6 540 Kč |
| 5x Sekundární snímač pro získání průběhu zapalovacího napětí | 7 080 Kč |
| 8x Měřicí hroty dlouhé | 1 728 Kč |
| 1x Sada měřicích kabelů pro TEXVIK DS | 3 672 Kč |
| 1x Pojízdny stolec – přibližná cena | 5 000 Kč |
| 1x Síťové připojení – přibližná cena | 10 000 Kč |
| Celkové náklady | 112 876 Kč |

Přínosy se projeví ve snížení počtu závadných motorů, které se dostanou až k zákazníkovi a přinesou tak úsporu repasních nákladů. Tyto náklady opravovaných motorů od zákazníků dosahují na českém trhu 1,614 mil. Kč za rok. Při zachycení 20% těchto závad dojde k úspoře 323 tis. Kč a tak ekonomická návratnost výše uvedených jednorázových nákladů dosáhne 0,35 roku.

Výše uvedená návratnost, pokud dosahuje hodnoty do jednoho roku, je podle interních pravidel Škoda Auto a.s. realizovatelná. [9, 13]

9 Zhodnocení navrhovaných změn v technologii Hottestu

Hottest byl v minulosti využíván jako hlavní funkční zkouška k 100 % kontrole všech vyrobených motorů. Postupně však docházelo ke snižování tohoto počtu až na dnešních 4,16 % ze všech vyrobených motorů dle směrnice koncernu VW. Hlavními důvody jsou především nákladný provoz zkoušky (spotřeba paliva, produkce škodlivých emisí, manipulace s chladicí kapalinou) a dlouhá doba zkoušky. Hottest v současné době slouží pouze k ověření funkčnosti stanoveného počtu motorů, k prověření repasovaných motorů a případně k ověření těch motorů, u kterých je podezření na nespecifikovanou závadu (např. vadný díl od dodavatele). Současná technologie Hottestu slouží pouze ke kontrole motorů, nikoliv však k předcházení závadám.

Doplněním navrhovaných úprav v technologii Hottestu by se význam funkční zkoušky změnil. Navrhovanými zkouškami bude získáno velké množství dat, která důkladně vypoví o stavu vyrobených motorů. Archivace získaných dat a jejich statistické vyhodnocení by mělo umožnit sledování všech vznikajících odchylek (např. vlivem poklesu kvality vyrobených dílů od dodavatele, úpravy technologického postupu výroby apod.) a včas na tyto skutečnosti reagovat.

Nově získaná data mohou být užitečná nejen pro kontrolu kvality výroby motorů, ale i k optimalizaci parametrizace hodnot ostatních testů při zavádění výroby nové řady motorů i výroby stávajících motorů (např. při změně dodavatele určitého dílu). Jednalo by se tak o zpětnou vazbu k celému procesu výroby motorů a vložená investice do úprav technologie Hottestu by se tak stala efektivnější.

10 Závěr

Bakalářská práce se v teoretické části zabývá rozbořem podmínek pro zajištění správné činnosti přeplňovaného zážehového motoru s přímým vstřikováním, jako jsou vlivy na provozní, výkonové a emisní parametry motoru.

Práce dále seznamuje s výrobou motorů ve firmě Škoda Auto a.s. v Mladé Boleslavi, podrobně popisuje konstrukci a výrobu čtyřválcového motoru 1,2 TSI se zaměřením na kontrolní pracoviště na montážní lince během výroby motoru.

Další část práce teoreticky pojednává o požadavcích na technickou diagnostiku a o možnostech diagnostiky pístových spalovacích motorů.

Na konci teoretické části práce je podrobně popsán Hottest motoru 1,2 TSI se zaměřením na jeho nedostatky a možnosti optimalizace funkční zkoušky motoru z hlediska možného rozšíření vnější diagnostikou pro zvýšení kvality a funkční spolehlivosti motoru.

Praktická část práce se zabývá návrhem změn v technologii Hottestu k přesnější identifikaci stavu motoru, zahrnující zkoušku zapalování a zkoušku nejdůležitějších snímačů a akčních členů motoru. Návrh zvažuje všechny podmínky zkoušek provedených na Hottestu, jako je vhodná volba a umístění měřicí techniky, příprava, vyhodnocování a časová náročnost navrhovaných zkoušek při snaze o zavedení do sériové výroby.

Posledním bodem návrhu je ekonomická část projektu s vyčíslením pořizovacích nákladů. Ekonomické přínosy se projeví ve snížení počtu závadných motorů, které se dostanou až k zákazníkovi a přinesou tak úsporu repasních nákladů.

Nově získaná data z navrhovaných zkoušek mohou být využita pro kontrolu kvality výroby motorů a optimalizaci parametrizace ostatních zkoušek na montážní lince.

Seznam použité literatury

1. ASFANDIYAROV, R.: *Analýza funkčního stavu nových motorů a jejich výkonových parametrů ve výrobě*.
Diplomová práce, KVM-DP-635. TU v Liberci, 2010.
2. BEROUN, S.: *Vozidlové motory: Studijní texty k předmětu „Motorová vozidla“*. [online]. TU v Liberci. [cit. 2012-04-24].
Dostupné z: <<http://www.kvm.tul.cz/studenti/texty/VOZMOT.pdf>>
3. BEROUN, SCHOLZ.: *Základy teorie vozidel a pístových spalovacích motorů*, Liberec, 2001.
4. CINDR, M.: *Optimalizace testovacích metod v sériové výrobě motorů*.
Diplomová práce, ČZU v Praze, 2008.
5. ČERNÝ, D.: *Diagnostika zážehového motoru*.
Škoda Auto a.s. Mladá Boleslav
6. *Diagnostický, měřicí a informační systém VAS 5051*
Dílenská učební pomůcka. Škoda Auto a.s. Mladá Boleslav
7. FERENC, B.: *Spalovací motory*, Praha, 2004.
8. FLEISCHHANS, L.: *Diagnostika spalovacího motoru měřením fyzikálních veličin*. Odborná sér. článků v časopise Autoexpert, 2000, 2001, 2002, 2003.
9. IHR Technika s.r.o. *TEXVIK DS (Autoscope 3)*. [online]. [cit. 2012-04-24]
Dostupné z: <<http://www.ihr-tech.cz/>>
10. JIČÍNSKÝ, Š.: *Osciloskop a jeho využití v autoopravářské praxi*,
Praha, 2006.
11. KADLEC, V.: *Analýza a optimalizace diagnostiky „Hottestu“ vozidlového motoru 1,2 HTP na montážní lince*.

Bakalářská práce, KVM-BP-231. TU v Liberci, 2011.
12. KREIDL, M.: *Diagnostické systémy*, Vydavatelství ČVUT, Praha, 2001.
13. *Materiály Škoda Auto a.s. k technologii montáže a kontroly kvality motorů v závodě M6 v Mladé Boleslavi*
14. PAPOUŠEK, ŠTĚRBA.: *Diagnostika spalovacích motorů*, Brno, 2007.

15. SIXTA, J.: *Jak napsat a obhájit bakalářskou práci*, Škoda Auto Vysoká škola, Mladá Boleslav, 2004.
16. VLK, F.: *Automobilová elektronika 3*, Brno, 2006.
17. VLK, F.: *Diagnostika motorových vozidel*, Brno, 2006.
18. *Zážehové motory 1,4l - 16V 55/74 kW*
Dílenská učební pomůcka č. 35. Škoda Auto a.s. Mladá Boleslav, 2000.
19. *Zážehový motor 2,0l/85 kW s vyvažovacími hřídeli*
Dílenská učební pomůcka č. 51. Škoda Auto a.s. Mladá Boleslav,
20. *Zážehové motory FSI. 2,0l/110 kW a 1,6l/85 kW.*
Dílenská učební pomůcka č. 55. Škoda Auto a.s. Mladá Boleslav, 2004.
21. *Zážehový motor 2,0l/147 kW FSI turbo*
Dílenská učební pomůcka č. 59. Škoda Auto a.s. Mladá Boleslav, 2005.
22. *Zážehový motor 1,4l/92 kW TSI s přeplňováním turbodmychadlem.*
Dílenská učební pomůcka č. 68. Škoda Auto a.s. Mladá Boleslav, 2008.
23. *Zážehový motor 3,6l/191 kW FSI.*
Dílenská učební pomůcka č. 69. Škoda Auto a.s. Mladá Boleslav, 2008.
24. *Zážehový motor 1,2l/77 kW TSI s přeplňováním turbodmychadlem.*
Dílenská učební pomůcka č. 74. Škoda Auto a.s. Mladá Boleslav, 2009.
25. ZEDNÍK, L.: *Vliv výrobních odchylek na výsledek testů motorů na montážní lince*. Diplomová práce, KSD-DP-454. TU v Liberci, 2003.